



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**VERTIKÁLNÍ ŠTÍPACÍ STROJ NA DŘEVO**

VERTICAL WOOD SPLITTING MACHINE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Rostislav Zimek

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

**BRNO 2017**

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Rostislav Zimek**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Vertikální štípací stroj na dřevo

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh a konstrukce mobilního hydraulického štípacího stroje na dřevo.

Parametry stroje:

- vzdálenost mezi klíny 1150 mm,
- maximální průměr polen 450 mm,
- maximální štípací síla 160 kN.

### Cíle bakalářské práce:

Vypracovat rešeršní rozbor v úvodu práce.

Provést základní pevnostní výpočty.

Navrhnout hydraulický obvod.

Nakreslit sestavný výkres stroje a důležité detailní výkresy.

### Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

KOVÁČ, Milan a Vladimír KLAPITA. Manipulácia s materiálom v doprave. 1. vyd. V Žiline: EDIS, 2003. ISBN 8080701741.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

GANDELOVÁ, L., P. HORÁČEK a J. ŠLEZINGEROVÁ. Nauka o dřevě. 2004. ISBN 8071575771.

HORÁČEK, P. Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. 2001. ISBN 8071573477.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se v úvodu zabývá provedením rešeršního rozboru štípacích strojů na dřevo. Další náplní práce je provedení výpočetního a konstrukčního návrhu vlastního štípacího stroje. Při návrhu vycházím ze zadaných parametrů, jako je vzdálenost mezi klíny 1150 mm, průměr dřevěného polena 450 mm a maximální štípací síla 160 kN. Další konstrukční podmínkou je dobrá mobilita stroje a vertikální konstrukce. Součástí bakalářské práce je sestavný výkres štípacího stroje a štípacího rámu spolu se sestavným výkresem svarku nosného rámu a štípacího klínu.

## KLÍČOVÁ SLOVA

vertikální štípací stroj, mobilní štípací zařízení, hydraulický obvod, přímočarý hydromotor, hydrogenerátor, štípací klín, elektromotor

## ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the analysis of wood splitting machines. Another task is to make a computational and design a splitting machine. During designing, I draw from the specified parameters, such as the clearance between the wedges 1150 mm, the log diameter 450 mm and the maximum splitting force of 160 kN. Another construction requirement is good machine mobility and vertical construction. Part of the bachelor thesis is a drawing of a splitting machine and a splitting frame together with a drawing of the support frame and the splitting wedge.

## KEYWORDS

vertical splitting machine, splitting mobile devices, hydraulic circuit, linear hydraulic motor, hydraulic generator, splitting wedge, electric engine

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ZIMEK, R. *Vertikální štípací stroj na dřevo*. Brno, 2017. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, 2017. 47 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D..

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26. května 2017

.....

Rostislav Zimek

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za všechny cenné rady a bezproblémovou komunikaci během zpracovávání bakalářské práce.

## OBSAH

Úvod .....	9
1 Význam a charakteristika hydraulických štípacích strojů .....	10
2 Rozdělení štípacích strojů.....	11
2.1 Dle pracovní polohy štípacího stroje .....	11
2.2 Dle pohonu štípacího stroje .....	14
2.3 Speciální kuželový štípací stroj .....	16
3 Proces štípání klínovým nástrojem.....	17
3.1 Klínový tvar nástroje .....	17
4 Vlastní řešení štípacího stroje.....	19
4.1 Vstupní parametry.....	19
4.2 Návrh konstrukce nosného rámu .....	20
4.3 Konstrukce štípacího klínu .....	24
4.4 Mobilita štípacího stroje .....	25
5 Návrh a volba prvků hydraulického obvodu .....	26
5.1 Sestavení schéma hydraulického obvodu .....	26
5.2 Návrh a volba hydromotoru určeného na štípání.....	26
5.3 Návrh a volba hydrogenerátoru .....	31
5.4 Návrh a volba pohonu .....	33
5.5 Volba rozvaděče pro štípání dřeva.....	34
5.6 Návrh a volba hydromotoru určeného na polohování rámu .....	36
5.7 Volba škrtkového ventilu.....	38
5.8 Volba rozvaděče pro polohování rámu .....	38
5.9 Návrh a volba vedení .....	38
5.10 Návrh a volba nádrže .....	39
5.11 Hydraulická kapalina .....	40
Závěr.....	41
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	45
Seznam příloh .....	47



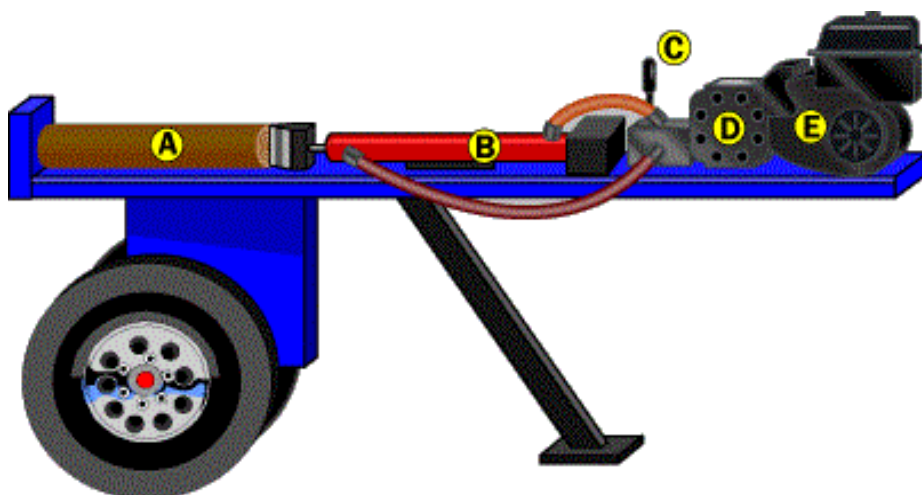
## ÚVOD

Téma mé bakalářské práce je vertikální štípací stroj na dřevo. Své téma jsem si zvolil vzhledem k možnosti získat na dané téma všeobecný, ale i detailní přehled štípacích strojů. Tyto poznatky bych rád v budoucnu využil na sestavení vlastního stroje, na základě získaných poznatků. Na vytápění domu využíváme spalovací kotel na tuhá paliva. Vzhledem k rostoucí ceně uhlí, se snažíme co nejvíce využívat vlastní dřevo a tak se štípací stroj zdá být neocenitelným pomocníkem při samotném zpracování dřeva. Tento stroj slouží nejen k úspoře času, ale i ke snížení fyzické námahy při zpracovávání dřeva.

Hlavním cílem mé bakalářské práce je vypracování rešeršního rozboru štípacích strojů, vlastní řešení a následná kontrola konstrukčních a hydraulických prvků mobilního štípacího stroje. Posledním důležitým požadavkem je zpracování důležitých výkresů.

## 1 VÝZNAM A CHARAKTERISTIKA HYDRAULICKÝCH ŠTÍPACÍCH STROJŮ

Štípací stroj, štípač dřeva nebo také štípačka na dřevo je zařízení, které umožňuje rozdělit kus dřeva na potřebné rozměry s minimální fyzickou námahou. Výhodou štípacích strojů je úspora času, oproti ručnímu štípání. Hydraulické štípací stroje jsou založeny na principu vtlačování klínu do dřeva pomocí přímočarého pohybu, který je řízen hydraulickým obvodem. Dalším způsob je vtlačování dřevěného polena na staticky umístěný klín. Pohon stroje uvádí hydrogenerátor do pohybu, ten dále tlačí hydraulický olej směrem k redukčním a ovládacím prvkům, až do hydraulického rozvaděče. Hydraulické rozvaděče umožňují řízený pohyb hydromotoru, na kterém je umístěný štípací klín. V závislosti na způsobu konstrukce se hydraulické štípačky dají použít jak pro menší, tak i větší rozměry štípaných polen. [1,2]



Obr. 1: Jednoduché schéma hydraulického štípacího stroje: A – dřevěné poleno; B – přímočarý hydromotor; C – rozvaděč; D – hydraulické čerpadlo; E - pohon ; [2]

## 2 ROZDĚLENÍ ŠTÍPACÍCH STROJŮ

Na trhu je obrovské množství štípacích strojů, které se rozlišují podle potřeb uživatele. Na základě typu konstrukce, můžeme štípací stroje dělit podle pracovní polohy na vertikální a horizontální stroje. Další důležitý faktor je pohon štípacího stroje. Při výběru záleží především na tom, v jakých podmínkách chceme stroj použít. Na výběr máme elektromotory, vlastní spalovací motory nebo nevlastní pohon. [1,3]

### 2.1 DLE PRACOVNÍ POLOHY ŠTÍPACÍHO STROJE

Podle způsobu pracovní polohy dělíme štípací stroje na horizontální a vertikální. [1]

#### 2.1.1 HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPAČKY

Tyto stroje se vyznačují prací v horizontální poloze. Můžeme je dále dělit dle výkonu a využití na hobby (domácí) a profesionální štípací stroje. [4]

#### PROFESIONÁLNÍ ŠTÍPAČE

Na profesionální štípací stroje se klade obrovské množství rozdílných nároků, jak na konstrukci, tak i na příslušenství. Vzhledem k produktivitě a ceně těchto strojů je poptávka především u firem zaměřených na těžbu a zpracování dřeva. Tyto stroje jsou provedeny zejména jako automatické nebo poloautomatické profesionální štípače, s velkou škálou možných kombinací příslušenství. Díky kombinaci několika pracovních strojů se celý proces zpracování dřeva stává maximálně efektivní a fyzicky nenáročný. Obsluha takového stroje závisí na umístění dřeva na podávací plochu, odkud je dřevo přemístěno na první pracovní cyklus, kde je pomocí řezného příslušenství kráceno na požadovanou délku. Dalším krokem je samotné štípání, kde je poleno tlačeno na vícebřítý klín a tím dochází k rozdělení dřeva. Takto zpracované dřevo putuje pomocí dopravníku na místo skladování. [5,6]

Mezi známé výrobce patří například česká firma Agama nebo rakouská firma POSCH se svým profesionálním štípačem SpaltFix K-540. Stroj je vybaven válcovým dopravníkem a řeznou pilou s možností nastavení délky polena. Maximální průměr dřeva je do 55 cm. Pro štípání se zde využívá dvojsečný štípací nůž. Polena jsou na něj přitlačována s maximální možnou silou 350 kN. Nakonec jsou rozštípnutá polena dopravována pomocí pásového dopravníku na místo skladování. Pro pohon stroje lze využít vývodový hřídel, elektromotor nebo naftový motor. Díky volitelně lomeným pásovým dopravníkům je stroj možné nastavit do přepravní polohy. [5,6]



*Obr. 2: Štípací automat SpalFix K-540 [5]*

### DOMÁCÍ ŠTÍPAČE

Domácí (hobby) horizontální štípací stroje jsou svojí konstrukcí mnohem méně robustní, nežli profesionální horizontální štípače. Jejich využití je určeno především k občasnému štípání menšího množství dřeva, tedy v domácnostech. Díky menším rozměrům stroje, který je obvykle vybaven pojezdovými koly se stává výhodou jeho jednoduchá skladnost, manipulace a pořizovací cena. U horizontálních štípaček se využívá především pohon s motorem o příkonu 230V. Díky tomu se dají použít i tam, kde se nepočítalo s třífázovými rozvody elektřiny. Nevýhodou je nižší výkon stroje nebo také menší rozměry štípaného dřeva. Maximální štípací síla se pohybuje kolem 50 kN, vhodný průměr polen je kolem 200mm o maximální délce do 500 mm. Vzhledem pracovní poloze stroje je zapotřebí štípané dřevo dostat do určité výšky, kde s ním můžeme dále pracovat. Tento problém se dá vyřešit dokoupením příslušenství pro usnadnění podávání. [7,8]

Na trhu je obrovské množství výrobců, kteří se zabývají výrobou horizontálních štípacích strojů. Mezi ty to výrobce patří například firma Scheppach nebo firma POSCH s modelem horizontální štípačky 550. Tento stroj lze vybavit jak 3 kW elektromotorem, který vyvine štípací sílu až 50 kN, tak i benzínovým motorem Honda 2,9 kW s maximální možnou štípací silou 60 kN. Výhodou stroje je možnost nastavení dvou rychlostí plynulého chodu v před. Poleno dřeva je pomocí hydromotoru tlačeno na staticky umístěný klín. Maximální délka polena je 550 mm. Jako u spousty dalších strojů i zde máme možnost si dokoupit doplňkové vybavení. Například otočný štípací kříž, který slouží k efektivnějšímu štípání. Vzhledem k malým rozměrům a malé hmotnosti stroje je, toto zařízení lehce manipulovatelné a skladné. [8,9]



*Obr. 3: Horizontální štípačka 550 [8]*

### 2.1.2 VERTIKÁLNÍ ŠTÍPAČKY

Vertikální štípače jsou konstrukčně robustnější. Na rozdíl od horizontálních, které jsou určeny pro domácí potřeby. Díky tomu jsou vhodnější k pravidelnému štípání většího objemu dřeva. Štípání dřevěných polen probíhá ve svislé poloze. Díky vertikální poloze stroje je možné štípat dřevěná polena větší délky a průměru. V případě štípání menších délek dřeva, lze pomocí přídatného stolu (opěrky) nastavit menší vzdálenost mezi klínem a podložkou a tím se nám sníží čas štípání. Každé zařízení má své bezpečnostní prvky konstruovány trochu jinak, nejčastěji je to pomocí kleštin. Dřevěné poleno je do nich zafixováno pomocí rukojetí a díky tomu zabráňuje případnému odlétnutí rozštípnutých částí do stran. Dalším bezpečnostním prvkem jsou vnější ochranné rámy, které se dají využít také jako podavače polen. Samozřejmostí jsou také pojezdová kola pro ruční manipulaci a uskladnění stroje. Pro častější a vzdálenější převozy se využívá štípaček, které jsou konstruovány na pojízdné ose. [1,10,11]

Mezi známé výrobce patří například firma LUMAG, POSCH nebo také francouzská firma AMR se svou řadou mobilních štípaček typu VMR. Podvozek štípačky je konstruován pro maximální pojezdovou rychlost 80 km/hod a splňuje všechny předpisy a požadavky pro přepravu na pozemních komunikacích. Právě z toho důvodu je v půjčovnách díky své mobilitě a jednoduchosti ovládání velmi oblíbeným typem vertikálních štípacích strojů. Tento štípací stroj se vyrábí s provedením o síle 120 a 160 kN. Pohon je s možností výběru mezi dieslovým a benzínovým motorem o výkonu 9,5 kW. Bezpečnost práce je zajištěna pomocí vnějších ochranných rámců s možností využití jednoho ramene jako podavač polen. Maximální délka štípaných polen je do 108 cm s maximálním průměrem do 80 cm. Nevýhodou je transportní výška, která je 180 cm. Vzhledem k tomu je stroj hůře uskladnitelný. [11,12,13]



Obr. 4: Vertikální štípací stroj VMR 16ESS [5]

## 2.2 DLE POHONU ŠTÍPACÍHO STROJE

Volba pohonu je důležitý faktor při nákupu nebo návrhu vlastního štípacího stroje. Při výběru je potřeba se zaměřit zejména na to, v jakých podmínkách bude pracovat, jak velké množství dřeva se bude zpracovávat nebo dle cenové dostupnosti. [3,14]

### 2.2.1 S VLASTNÍM POHONEM

Štípací stroje s vlastním pohonem nevyužívají žádné další zařízení jako zdroj pohonu.

#### ELEKTROMOTOR

Elektromotor se využívá především u štípaček, které můžeme stabilně umístit na zahradu, do dílen nebo na jiné předem připravené místo, kde je možnost připojení k elektrické síti. V případě, kdy se není možné připojit k elektrické síti je zde možnost využít zapojení k elektrocentrále. Motor pomocí výstupní hřídele uvádí do pohybu hydrogenerátor a tím i celý hydraulický obvod. U kuželových štípaček je elektromotor spojen ze štípacím kuželem pomocí výstupní hřídele nebo řemene. Asynchronní elektromotory s kotvou na krátko mají vlastnosti, které nám umožňují krátkodobé přetížení motoru po dobu 2 až 3 vteřin. Vzhledem k tomu se často využívají jako pohon pro štípací stroje. V takovém případě je důležité elektromotor dobře chladit. Optimální řešení to není, ale v praxi se běžně používá. Další výhodou elektromotoru je jeho nízká pořizovací cena, nízká hlučnost a jednoduchost ovládání. [14,15]

#### SPALOVACÍ MOTOR

Hlavní výhodou spalovacích motorů je jejich nezávislost na elektrické síti. U spalovacích motorů máme na výběr mezi zážehovým a vznětovým motorem. Často se používají u štípacích



strojů s vlastní pojízdnou osou. Tento typ pohonu je oblíbený především v půjčovnách štípacích strojů nebo u těžebních společností, které se zabývají zpracováním dřeva přímo v místě, kde jsme omezeni přístupem k elektrorozvodné síti. [12,14]

### 2.2.2 ŠTÍPAČKY S NEVLASTNÍM POHONEM

Pojem nevlastní pohon znamená to, že pohonnou jednotkou štípačky se stává jiné zařízení, než je samotný štípací stroj. A to pomocí vývodové hřídele z traktoru nebo díky využití zapojení vnějšího hydraulického obvodu. Takto zapojené štípačky dosahují velkých štípacích sil. [1]

#### POHON Z VÝVODOVÉ HŘÍDELE TRAKTORU

Při zapojení pohonu pomocí vývodové hřídele má štípačka vlastní hydrogenerátor a celý hydraulický okruh. Výkon motoru je z traktoru převeden pomocí vývodové hřídele přes kardan na hydrogenerátor štípacího stroje. Tento způsob se používá především při práci v terénu, kdy je štípací stroj zavěšen za traktor a díky tomu se snadno dostaneme na těžce přístupná místa těžby. Dalším využitím je zapojení automatických a poloautomatických štípacích strojů, kde je využito pro všechny části zařízení pohon traktoru. Nevýhodou jsou nízké otáčky na vývodové hřídeli, které jsou kolem  $540 \text{ min}^{-1}$  s možností přerazení na  $1000 \text{ min}^{-1}$  na úkor vyšší spotřeby paliva. Nižší otáčky způsobují pomalejší rychlost hydromotoru. Tento problém se dá vyřešit přidáním převodové skříně. [1,16]



Obr. 5: Vertikální štípací stroj PRO 26 BIG C [16]

### POHON Z JINÉHO HYDRAULICKÉHO OBVODU

Takto zvolený způsob je jedním z nejjednodušších koncepcí štípačky, kdy samotný štípací stroj neobsahuje pohonnou jednotku, hydrogenerátor ani nádrž. Hadice vedoucí z hydromotoru se pomocí rychlospojek zapojí do vnějšího hydraulického obvodu, například k traktoru. Maximální možná síla vyvinutá stroje je závislá na použitém agregátu. Výhodné je použití traktoru, kde je dostatečný hydraulický průtok při nízkých otáčkách motoru. Tím se nám sníží spotřeba paliva. Vzhledem k tomu, že každé hydraulické zařízení využívá jiných parametrů použité kapaliny, jako je třeba viskozita nebo stupeň filtrace, je zapotřebí aby štípací stroj a vnější hydraulické zařízení mělo mezi sebou vhodnou kompatibilitu. Tím předejdeme nadměrnému opotřebení prvků v hydraulickém obvodu. [1,14]

### 2.3 SPECIÁLNÍ KUŽELOVÝ ŠTÍPACÍ STROJ

Mezi další typ štípacích strojů patří i kuželová štípačka na dřevo, která je často uváděna také jako šroubový štípač dřeva. Z konstrukčního hlediska tento stroj není nijak zvlášť složitý ani finančně nákladný. Skládá se z pevné pracovní plochy, výkonného motoru a pracovního nástroje. Pracovní nástroj je štípací kužel s vysoustruženým závitem po obvodu. Štípané dřevo je nutné přitlačit na rotující kužel a ten se pomocí šroubovice zavrtává do dřeva. Čím hlouběji se štípací kužel dostává do dřeva, tím více se rozšiřuje vnikající průměr, až dojde k dělení štípaného dřeva. Výhodou je rychlá a fyzicky nenáročná práce se strojem. Nevýhodou stroje je bezpečnost. Při práci hrozí nebezpečí zachycení volného oděvu nebo rukavice na rotující závitový kužel a tím může dojít k nehodě. Z tohoto důvodu se výrobci na tento typ štípaček moc nezaměřují a je to spíše záležitost domácích kutilů. Kuželová štípačka najde své využití především u kratších polen či špalků dřeva. [17]



Obr. 6: Kuželový štípací stroj [18]

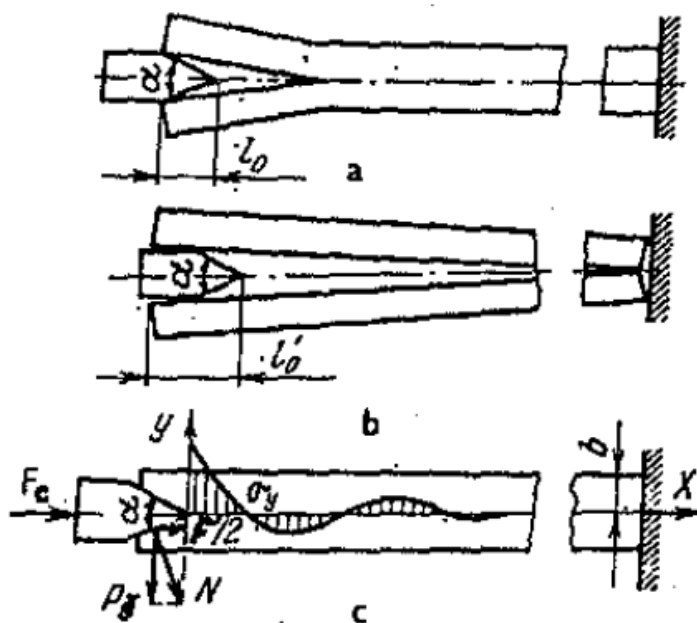


### 3 PROCES ŠTÍPÁNÍ POMOCÍ KLÍNU

Při štípání dochází pomocí štípacího nástroje k dělení polen na menší nedeformované části. [19]

#### 3.1 KLÍNOVÝ TVAR NÁSTROJE

Při štípání dochází k oddělování dřeva v podélném směru jeho vláken, pomocí plynulého vtlačování štípacího klínu do dřeva. Dělení dřeva probíhá za vzájemného působení tlaku a ohybu, kdy pevnost dřeva je 2,5 krát nižší při štípání v podélném směru vláken, než ve směru kolmém. Ze začátku, kdy je klín vtlačován do dřeva, tak dochází díky jeho ostří a tlaku k oddělení stěny vláken. Síla, kterou vykonáme při vtlačení klínu do dřeva, roste rovnoměrně s jeho hloubkou vnikání. Tato fáze je charakteristická tím, že napětí na hrotu klínu se rychle zvětšuje (Obr. 7c). Při hlubším vtlačení napětí okolo klínu klesá. Pokud klín vykoná určitou vzdálenost, tak se v deformovaných částech nahromadí potenciální energie a tím dojde k praskání podél vláken (Obr. 7a) Pokud je potenciální energie v takových místech dostatečná, dojde k rozštípnutí dřeva až po konec. V opačném případě je třeba štípací klín vtlačit do větší vzdálenosti, až dojde k úplnému rozštípnutí (Obr. 7b). [19,20]



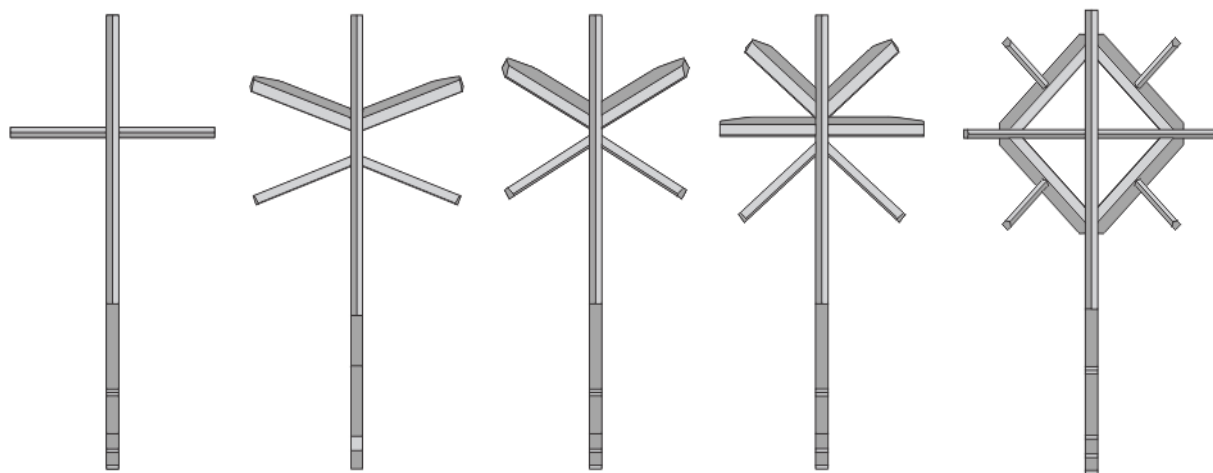
Obr. 7: Schématický průběh štípání pomocí klínu; a – vznik trhlin polena; b – dostatek potenciální energie k rozštípnutí polena; c – největší napětí a deformace při vzniku trhlin; [20]

##### 3.1.1 JEDNOBŘITÝ ŠTÍPACÍ KLÍN

Jednobřité klíny se používají především u domácích horizontálních štípaček. V takových případech se často štípací klín navaří na rám stroje a podložka uchycená k hydromotoru tlačí poleno na klín. Vertikální štípačky využívají spíše uchycení klínu k oku hydromotoru nebo pomocí příruby. Vedení klínu je řešeno pomocí vodících lišt na rámu stroje. Na jednobřitý klín je možné instalovat rozšiřovací klín. Ten nám slouží k rychlejšímu rozštípnutí polen. [21]

### 3.1.2 VÍCEBŘITÝ ŠTÍPACÍ KLÍN

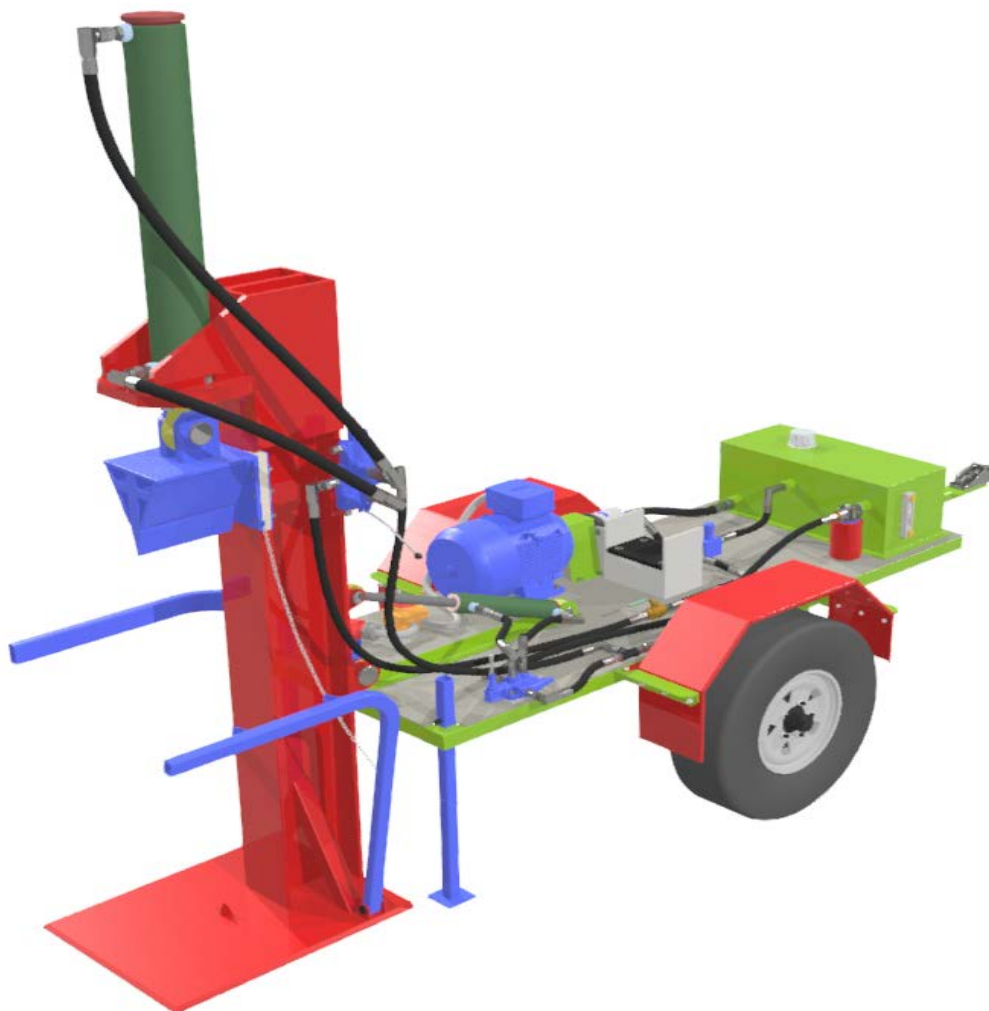
U vertikálních štípaček můžeme pro urychlení zpracování dřeva využít šestiramenný nebo čtyřramenný štípací klín. Další typ vícebřitého klínu využíváme u profesionální horizontálních štípaček, kde můžeme poleno dělit podle výběru na 4 až 12 dílů (Obr. 8). U některého typu je možné rám břitu polohovat podle požadovaného tvaru výstupního kusu dřeva. [22]



*Obr. 8: Vícebřité štípací klíny určené pro poloautomat Tajfun RCA 380 [22]*

## 4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ ŠTÍPACÍHO STROJE

Při řešení konstrukce stroje je důležité dodržovat určité postupy. Prvním krokem bylo stanovení cílů, na základě vstupních požadavků. Dále navrhnout co nejvhodnější konstrukční řešení a nakonec navrženou konstrukci zkontrolovat. [23]



*Obr. 9: Kompletní model vertikálního štípacího stroje*

### 4.1 VSTUPNÍ PARAMETRY

Konstrukční požadavky na návrh štípacího stroje:

- Vertikální poloha stroje
- Mobilita stroje

Vstupní parametry:

- Vzdálenost mezi klíny je 1 150 mm
- Průměr polen 450 mm
- Štípací síla 160 kN

### VZDÁLENOST MEZI KLÍNY

Tato hodnota udává vzdálenost mezi klínem na štípání a klínem určeného pro aretování dřeva. Umístění aretačního klínu je zde pro případ, kdy při štípání dřeva může dojít k tzv. podseknutí polena a následného odskočení z podložky. Maximální možná délka polena je tedy 1000 mm.

### PRŮMĚR POLEN

Tento parametr slouží pouze pro orientační rozměry při konstrukci bezpečnostních rámu a pracovní podložky.

### ŠTÍPACÍ SÍLA

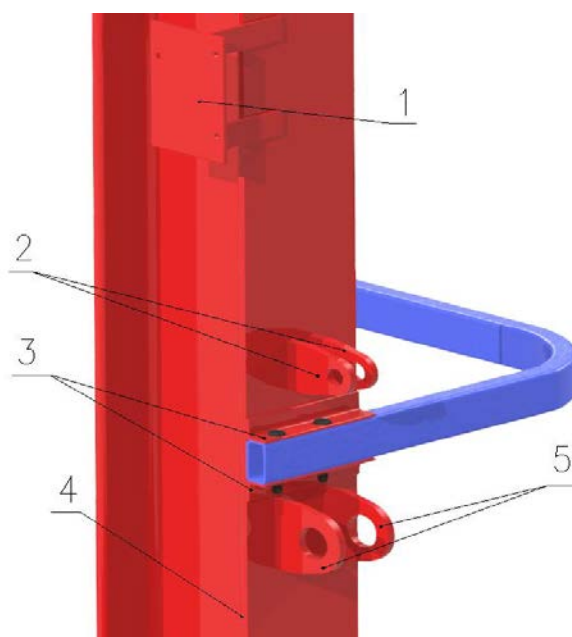
Při návrhu a volbě materiálu rámu je důležité brát v potaz vysokou hodnotu štípací síly.

## 4.2 NÁVRH KONSTRUKCE NOSNÉHO RÁMU

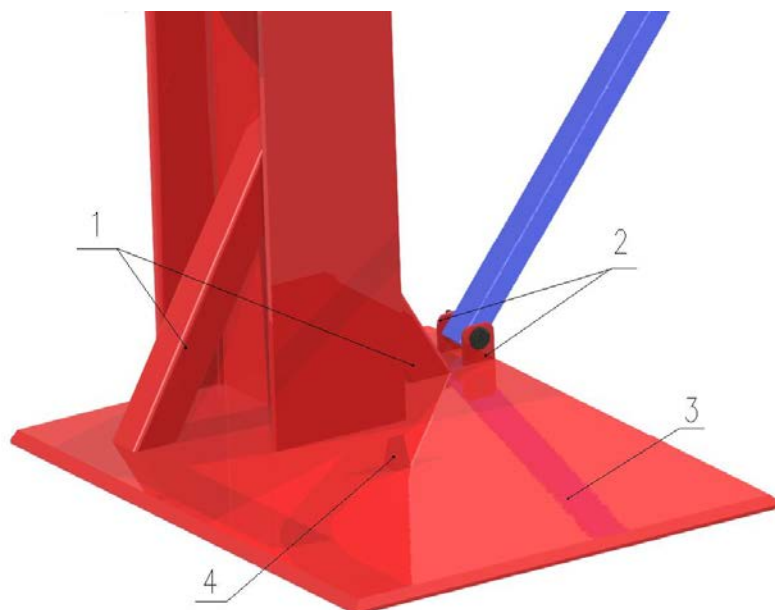
Jednou z nejdůležitějších částí stroje je nosný rám. Je to nejzatíženější část stroje, která je namáhána silou vyvolanou od hydromotoru. Vyvolané zatížení má působíště mimo osu nosného rámu. Toto zatížení je tedy kombinací tahu a ohybu. Nosný rám byl tedy navrhován podle několika hledisek, především s důrazem na vhodné umístění hydromotoru.

### 4.2.1 VOLBA ŘEŠENÍ KONSTRUKCE NOSNÉHO RÁMU

Nosný rám byl zvolen jako svarek ze dvou U profilů, vzhledem k jeho menší finanční náročnosti a především vhodnosti tvaru. Jedná se o U profil válcovaný za tepla s označením U240-1800. Boky U profilu byly použity jako vodící plochy pro štípací klín. K nosnému rámu bylo přivařeno uchycení pro přírubu, výztuhy, patky pro uchycení hydromotoru a vozíku. Součástí rámu je také úchyt pro hydraulický rozvaděč a ochranný rám. Poslední důležitou částí nosného rámu je pracovní podložka, ke které byl přivařen klín pro aretaci polen. Detailnějšího zobrazení můžeme vidět na (Obr. 11 a 12). [24]

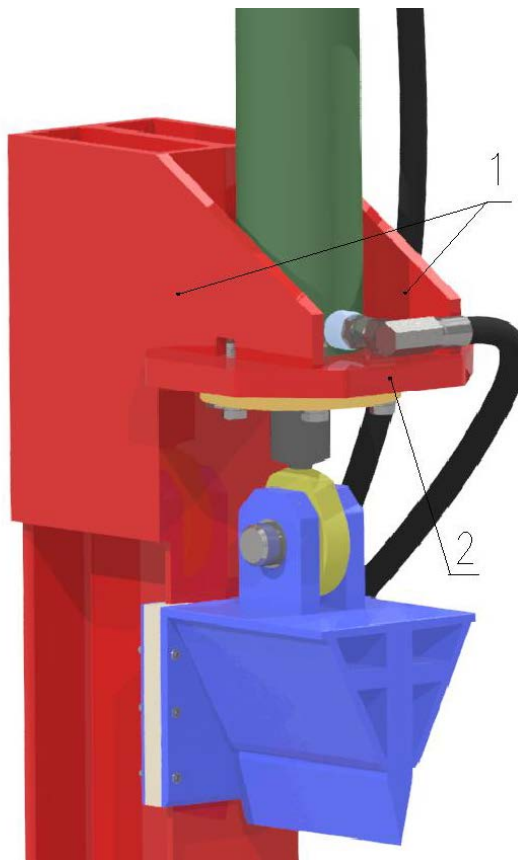


Obr. 10: Detail zadní části nosného rámu; 1 – uchycení pro rozvaděč; 2 – patky pro uchycení hydromotoru; 3 – uchycení ochranného rámu; 4 – vodící plocha; 5 – patky pro uchycení k vozíku



*Obr. 11: Detail spodní části nosného rámu; 1 – vzpěry; 2 – patky pro uchycení podávacího ramene; 3 – základní deska; 4 – aretující klín*

Jako upevnění hydromotoru byla zvolena konstrukční varianta s přírubou, dle (Obr. 12). Délka nosného rámu je při takto umístěném hydromotoru závislá na zdvihu hydromotoru a výšce štípacího klínu.

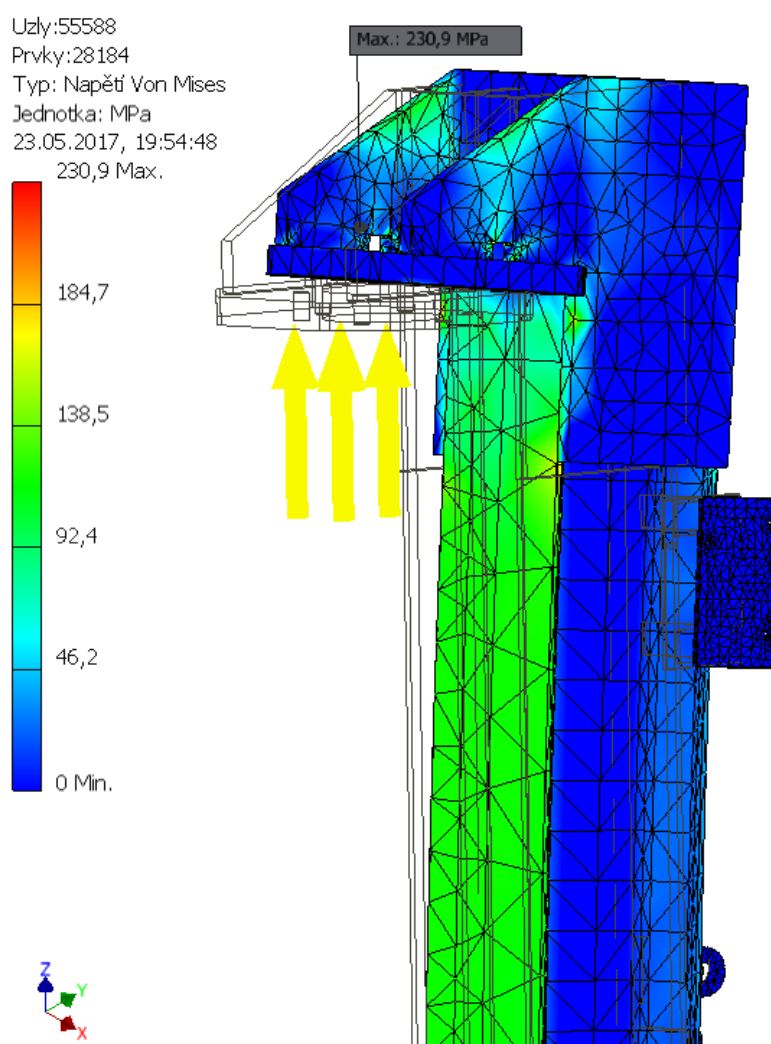


*Obr. 12: Detail uchycení s přírubou; 1 – výztuhy pro uchycení příruby; 2 – uchycení příruby*

#### 4.2.2 ANALÝZA NOSNÉHO RÁMU

Při kontrole nosného rámu je důležité zvolit vhodný materiál. Materiál musí mít dobrou tuhost, pevnost a dobrou svařitelnost. Proto byl zvolen materiál S 355J0 (dle ČSN 11 523), který tyto požadavky splňuje. Stejný materiál byl zvolen i pro další části rámu. Vzhledem k velkému množství přivařených součástí, by bylo obtížné analyticky kontrolovat celek i se všemi způsoby namáhání svárů. Proto je zvolena kontrola rámu pomocí metody konečných prvků, dále MKP. Pevnostní analýza nosného rámu byla provedena pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2017. [25,26]

Nosný rám byl zatížen silou 160 kN směrem od působení hydromotoru k uchycení příruby. Maximální napětí vzniklo v místě vyztužení pro uchycení příruby, jehož hodnota je 230,9 MPa [26] podle (Obr. 14). Tuto hodnotu je zapotřebí porovnat s mezí kluzu daného materiálu.



Obr. 13: Maximální vzniklé napětí v měřítku 1:1

#### KONTROLA PEVNOSTNÍ ANALÝZY

Pro daný materiál S 355J0 (dle ČSN 11 523) je hodnota meze kluzu, dle literatury 355 MPa [25]. V místě maximálního napětí je i nejnižší hodnota bezpečnosti, vzhledem k meznímu stavu pružnosti. Pro daný materiál je to 1,5.

$$k_r = \frac{\sigma_k}{\sigma_{max}} \quad (4.1)$$

$$k_r = \frac{355}{230,9} = 1,54 [-]$$

$$k_r = 1,5 [-]$$

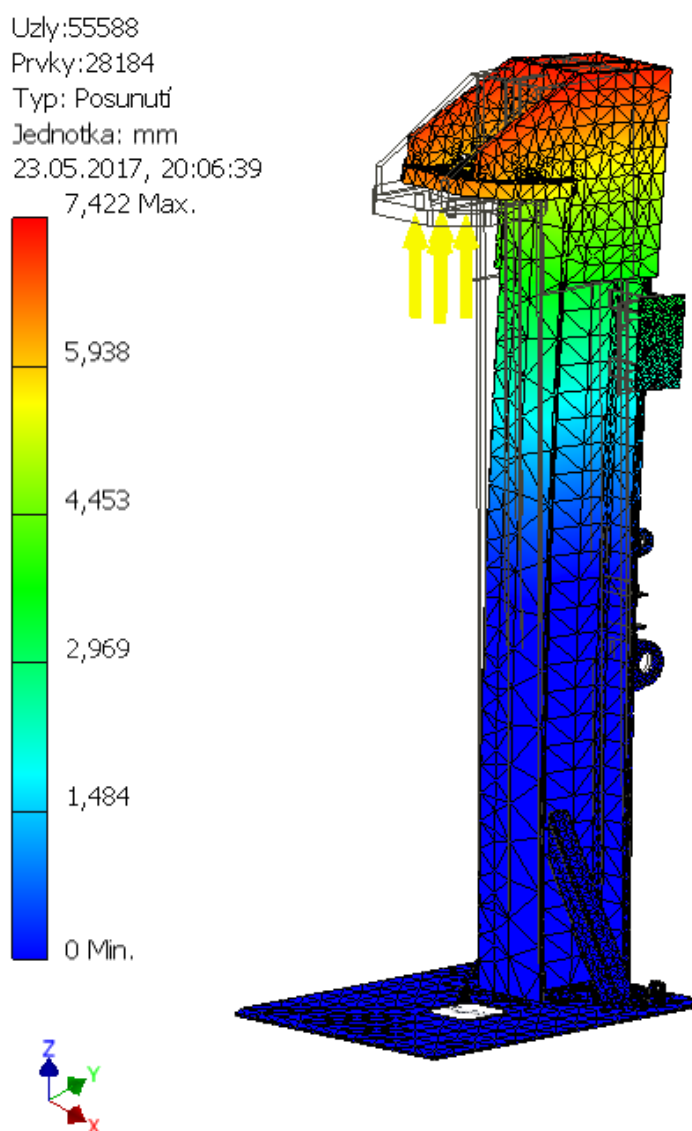
Kde:  $k_r$  – bezpečnost, vzhledem k meznímu stavu pružnosti [-];

$\sigma_k$  – mez kluzu pro materiál S 355J0 (dle ČSN 11 523) [MPa]; [25]

$\sigma_{max}$  – maximální vzniklá hodnota, dle simulace MKP [MPa]; [26]

### POSUNUTÍ NOSNÉHO RÁMU

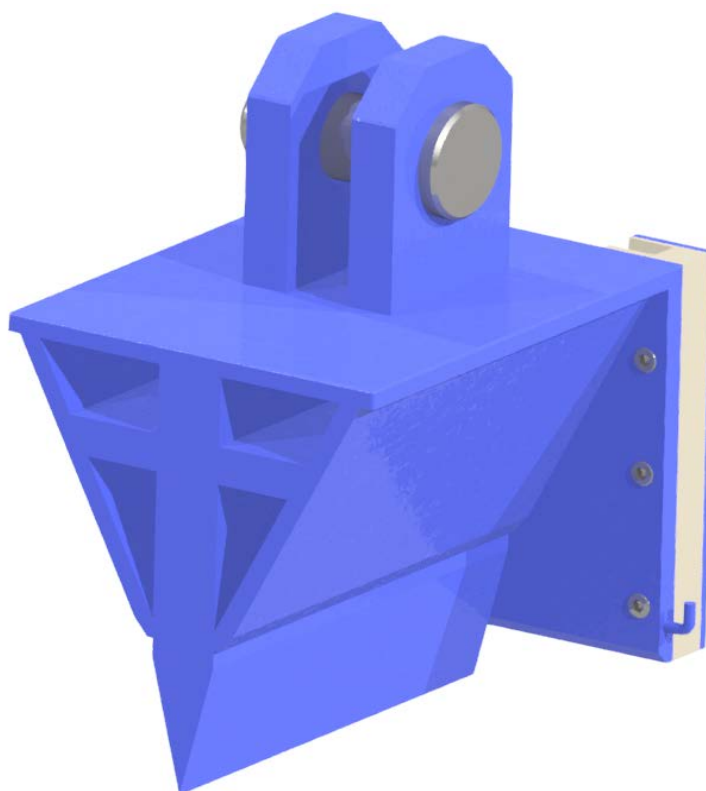
Při maximálním zatížení, dle analytické simulace vznikne posunutí o 7,422 mm [26].



Obr. 14: Maximální posunutí rámu v měřítku 1:1

### 4.3 KONSTRUKCE ŠTÍPACÍHO KLÍNU

Štípací klín byl zvolen jako svařenec několika z částí, jako je vodící deska, uchycení pro hydromotor a ze dvou částí ostří. Vzhledem k průběhu napětí (Obr. 8), byl počáteční úhel ostří klínu zvolen  $28^\circ$  [27]. Úhel rozpěrné části klínu byl zvolen  $58^\circ$  [27]. Hlavní části klínu jsou z materiálu S 355J0 (dle ČSN 11 523) [25]. Vodící deska je spojena s kluznými lištami pomocí 6 zápusťných šroubů M8. Uchycení klínu k hydromotoru je pomocí čepu, který je zajištěn pojistným kroužkem.



Obr. 15: Model štípacího klínu

#### 4.3.1 KONTROLA ČEPU

Vzhledem k zatěžující síle 160 kN, která působí na čep štípacího klínu, je důležité jej zkontrolovat na otlacení a střih. Čep je z materiálu E295 (dle ČSN 11 500) [25]. Dle literatury je dovolené napětí na otlacení  $p_{DO} = 90 \text{ MPa}$  [25] a dovoleným smykovým napětím  $\tau_{DS} = 55 \text{ MPa}$  [25].

#### KONTROLA ČEPU NA OTLAČENÍ

$$p_o = \frac{F_{max}}{d_{\xi} \cdot t_{\xi}} \leq p_{DO} \quad (4.2)$$

$$p_o = \frac{160000}{45 \cdot 50} = 71,1 \text{ MPa}$$

$$p_o = 71 \text{ MPa}$$

$$p_o = 71 \text{ MPa} \leq 90 \text{ MPa}$$



Kde:  $p_o$  – působící tlak na otláčení [ $MPa$ ];

$d_{\xi}$  – průměr čepu [ $mm$ ]; [25]

$t_{\xi}$  – tloušťka spojovaných částí [ $mm$ ];

$p_{Do}$  – dovolení napětí na otláčení [ $MPa$ ]; [25]

Zvolený čep je vyhovující vzhledem ke kontrole na otláčení pro daný materiál.

#### KONTROLA ČEPU NA STŘIH

$$\tau_s = \frac{F_{max}}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_{\xi}^2}{4}} \leq \tau_{DS} \quad (4.3)$$

$$\tau_s = \frac{160000}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 45^2}{4}} = 50,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = 50 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = 50 \text{ MPa} \leq 55 \text{ MPa}$$

Kde:  $\tau_s$  – napětí ve střihu [ $MPa$ ];

$\tau_{DS}$  – dovolené napětí ve střihu [ $MPa$ ]; [25]

Vzhledem k výpočtu, zvolený čep vyhovuje na napětí ve střihu pro daný materiál.

#### 4.4 MOBILITA ŠTÍPACÍHO STROJE

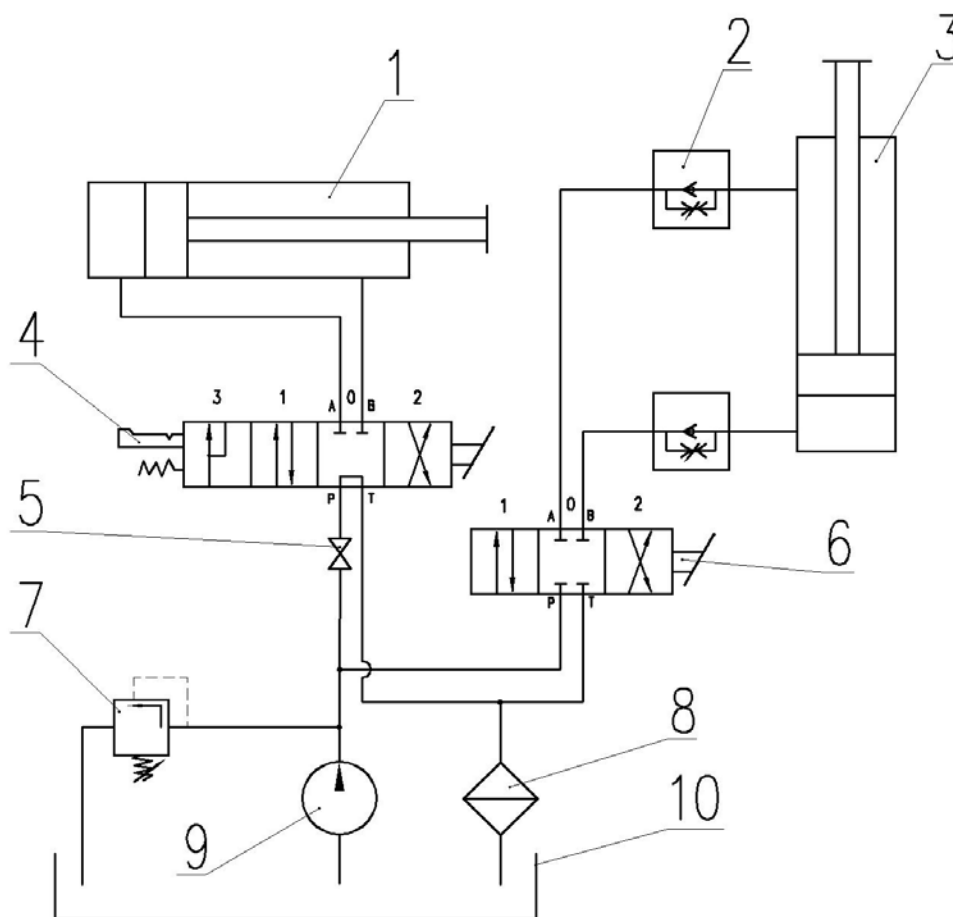
Mobilita štípacího stroje byla řešena pomocí vlastní pojezdové osy, která se dá připojit za osobní automobil. Jedná se o standartní provedení přívěsného vozíku s nosností do 750 kg s minimálními zásahy do konstrukce [28]. Jako je například přidání několika konstrukčních prvků. Mezi tyto prvky patří například přivařený U profil v zadní části vozíku, který slouží jako uložení hydromotoru pro polohování nosného rámu, podpěra pro stabilizaci vozíku nebo podpěra pro uložení nosného rámu.

## 5 NÁVRH A VOLBA PRVKŮ HYDRAULICKÉHO OBVODU

Prvním krokem bylo sestavení zjednodušeného schématu hydraulického obvodu. Dále byly provedeny potřebné výpočty pro návrh a volbu hydraulických prvků.

### 5.1 SESTAVENÍ SCHÉMA HYDRAULICKÉHO OBVODU

Při návrhu jednotlivých prvků hydraulického obvodu je zapotřebí znát zapojení celého obvodu. Zpracování návrhu je zjednodušeno pomocí sestavení schématu hydraulického obvodu. Schématický obvod se skládá ze značek zapojených prvků [29]. Další ulehčení práce nastává při volbě jednotlivých prvků, kdy jsem se při výběru zaměřil především na výrobce katalogových komponentů.



Obr. 16: Schéma hydraulického obvodu [29]; 1 – štípací hydromotor; 2 – škrtící ventil; 3 – polohovací hydromotor; 4 – diferenciální rozvaděč; 5 – ventil uzavěru; 6 – polohovací rozvaděč; 7 – přepouštěcí ventil; 8 – filtr; 9 – hydrogenerátor; 10 – nádrž

### 5.2 NÁVRH A VOLBA HYDROMOTORU URČENÉHO NA ŠTÍPÁNÍ

Hydromotor je zařízení, které mění tlakovou energii použité kapaliny na energii mechanickou. Přímočaré hydromotory nám poskytují lineární mechanickou sílu a lineární pohyb, který u stroje jako štípačka potřebujeme [29]. Při volbě přímočarého hydromotoru, bylo vycházeno ze zadaných parametrů. Mezi které patří maximální síla 160 kN a potřebná vzdálenost mezi klíny 1150 mm, která odpovídá délce štípaného dřeva 1000 mm. Pro výpočet byl zvolen pracovní tlak 20 MPa.

**5.2.1 VÝPOČET PRŮMĚRU PÍSTU**

$$p_{max} = \frac{F_{max}}{S_1} = \frac{F_{max}}{\frac{\pi \cdot D_1^2}{4}} \quad (5.1)$$

Kde:  $p_{max}$  – maximální pracovní tlak [MPa];

$F_{max}$  – maximální síla vyvinutá [N];

$D_{min}$  – minimální průměr válce [mm];

Po úpravě vypočítáme  $D_1$ .

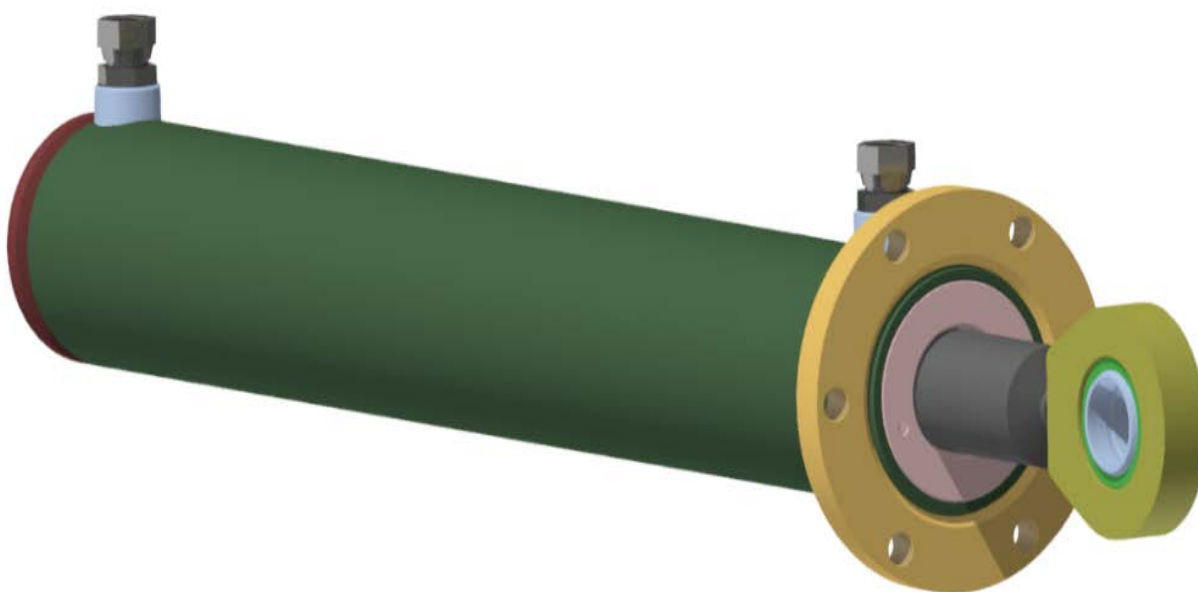
$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{max}}{\pi \cdot p_{max}}}$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 160000}{\pi \cdot 20}} = 100,925 \text{ mm}$$

$$D_{min} = 101 \text{ mm}$$

**5.2.2 VOLBA HYDROMOTORU**

S ohledem na výpočet, byl zvolen přímočarý dvojčinný hydromotor od výrobce Hydraulics. Označení, dle katalogu [30] ZH1-B-110/63-750 s navařeným okem na pístní tyči. Který je štípacímu rámu připevněn 6 šrouby.



*Obr. 17: Hydromotor ZH1 od firmy Hydraulics*

**5.2.3 VÝPOČET PLOCHY PŘI VYSOUVÁNÍ HYDROMOTORU**

$$S_1 = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \quad (5.2)$$

$$S_1 = \frac{\pi \cdot 110^2}{4} = 9503,318 \text{ mm}^2$$

$$S_1 = \frac{\pi \cdot 110^2}{4} = 9503,318 \text{ mm}^2$$

$$S_1 = 9503 \text{ mm}^2 = 9,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Kde:  $S_1$  – obsah plochy válce štípacího hydromotoru [ $\text{mm}^2$ ];

$D_1$  – zvolený průměr válce [ $\text{mm}$ ]; [30]

**5.2.4 VÝPOČET REDUKCE TLAKU PRO POŽADOVANOU SÍLU**

$$p_{red} = \frac{F_{max}}{S_1} \quad (5.3)$$

$$p_{red} = \frac{160000}{9,5 \cdot 10^{-3}} = 16,837 \text{ MPa}$$

$$p_{red} = 16,8 \text{ MPa}$$

Kde:  $p_{red}$  – redukovaný tlak pro zadanou sílu  $F_{max}$  [ $\text{MPa}$ ];

**VOLBA REDUKČNÍHO VENTILU**

Pro redukci a dosažení stálého tlaku na hodnotu 16,8 MPa, byl zvolen tlakový ventil od firmy AGRO HYTOS. Tento přímo řízený přepouštěcí ventil má označení VPP2-04/RA2, dle katalogu [31]. Ventil je konstruován pro maximální průtok 40 l/min a maximální tlak 32 MPa.

**5.2.5 VÝPOČET PLOCHY PŘI ZASOUVÁNÍ HYDROMOTORU**

$$S_2 = \frac{\pi \cdot (D_1^2 - d_1^2)}{4} \quad (5.4)$$

$$S_2 = \frac{\pi \cdot (110^2 - 63^2)}{4} = 6386,073 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = 6386 \text{ mm}^2 = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Kde:  $S_2$  – obsah plochy při zasouvání (bez pístní tyče) [ $\text{mm}^2$ ];

$d_1$  – průměr pístní tyče [ $\text{mm}$ ]; [30]

**5.2.6 VÝPOČET A KONTROLA SÍLY PŘI ZASOUVÁNÍ HYDROMOTORU**

$$F_z = p_{red} \cdot S_2 \quad (5.5)$$

$$F_z = 16,8 \cdot 6386 = 107284,8 \text{ N}$$

$$F_z = 107285 \text{ N}$$

Kde:  $F_z$  – síla při zasouvání hydromotoru [N];

**5.2.7 VÝPOČET OBJEMU VÁLCE PŘI VYSOUVÁNÍ**

$$V_{H MV} = S_1 \cdot z_1 \quad (5.6)$$

$$V_{H MV} = 9503 \cdot 690 = 65,571 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$V_{H MV} = 65,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Kde:  $V_{H MV}$  – účinný objem hydromotoru při vysouvání [ $\text{m}^3$ ];

$z_1$  – maximální zdvih hydromotoru [mm]; [30]

**5.2.8 VÝPOČET OBJEMU VÁLCE PŘI ZASOUVÁNÍ**

$$V_{H MZ} = S_2 \cdot z_1 \quad (5.7)$$

$$V_{H MZ} = 6386 \cdot 690 = 44,063 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$V_{H MZ} = 44,06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Kde:  $V_{H MZ}$  – účinný objem hydromotoru při zasouvání [ $\text{m}^3$ ];

**5.2.9 KONTROLA PÍSTNÍ TYČE NAMÁHANÉ NA VZPĚR**

Vzpěr může nastat při maximálním vysunutí daného pístu. Důležité je zjistit, v jaké oblasti namáhání se pístní tyč pohybuje. Dle štíhlosti prutu určíme, zda se jedná o prostý tlak, nepružný vzpěr nebo pružný vzpěr. [32]

**VÝPOČET OBSAHU PLOCHY PÍSTNÍ TYČE**

$$S_3 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \quad (5.8)$$

$$S_3 = \frac{\pi \cdot 63^2}{4} = 3117,245 \text{ mm}^2$$

$$S_3 = 3117 \text{ mm}^2 = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Kde:  $S_3$  – obsah plochy pístní tyče [ $\text{mm}^2$ ];

**VÝPOČET KVADRATICKÉHO MOMENTU**

$$I_x = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} \quad (5.9)$$

$$I_x = \frac{\pi \cdot 63^4}{64} = 773271,665 \text{ mm}^4$$

$$I_x = 773272 \text{ mm}^4 = 7,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

Kde:  $I_x$  – kvadratický moment pístní tyče [ $\text{mm}^4$ ];

**VÝPOČET POLOMĚRU SETRVAČNOSTI**

$$i = \sqrt{\frac{I_x}{S_3}} \quad (5.10)$$

$$i = \sqrt{\frac{773272}{3117}} = 15,751 \text{ mm}$$

$$i = 15,75 \text{ mm}$$

Kde:  $i$  – poloměr kvadratického momentu [ $\text{mm}$ ];

**URČENÍ REDUKOVANÉ DÉLKY PRUTU**

Na základě uložení hydromotoru, podle literatury [33], byla vypočítána redukovaná délka prutu.

$$l_r = 0,7 \cdot s \quad (5.11)$$

$$l_r = 0,7 \cdot 807 = 564,9 \text{ mm}$$

$$l_r = 565 \text{ mm}$$

Kde:  $l_r$  – redukovaná délka prutu [ $\text{mm}$ ];

$s$  – zvolená délka prutu, dle způsobu uložení [ $\text{mm}$ ];

**VÝPOČET ŠTÍHLOSTI PRUTU**

$$\lambda = \frac{l_r}{i} \quad (5.12)$$

$$\lambda = \frac{564,9}{15,75} = 35,867$$

$$\lambda = 35,9$$

Kde:  $\lambda$  – štíhlost prutu [–];

Jelikož se štíhlost prutu pohybuje pod hranicí  $\lambda = (40 - 60)$ , můžeme dle literatury [32] usoudit, že se jedná o prostý tlak.

### VÝPOČET V NAPĚTÍ TLAKU

$$\sigma_d = \frac{F_{max}}{S_3} \quad (5.13)$$

$$\sigma_d = \frac{160000}{3117} = 51,331 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = 51 \text{ MPa}$$

Kde:  $\sigma_d$  – napětí v tlaku [MPa];

Pístní tyč hydromotoru byla vyrobena z materiálu C45E [30]. Pevnost v kluzu materiálu je 390 MPa. Je tedy jasné, že pístní tyč je vyhovující vzhledem ke kontrole na vzpěr.

## 5.3 NÁVRH A VOLBA HYDROGENERÁTORU

Hydrogenerátor je zařízení, které mění mechanickou práci na proud kapaliny o daném tlaku. Nasává kapalinu z nádrže a dále ji uděluje tlak a průtok na straně výtlačné. [29]

### 5.3.1 VÝPOČET POTŘEBNÉHO PRŮTOKU

Při návrhu hydrogenerátoru je důležité znát pracovní objem hydromotoru v poloze vysunuté, kdy je objem větší než při zasouvání. Další důležitý parametr je čas, za který se hydromotor vysune do maximální polohy zdvihu. Vzhledem velikosti zdvihu a bezpečnosti práci, byl zvolen orientační čas pro vysunutí hydromotoru 17s.

$$Q_p = \frac{V_{H MV}}{t} \quad (5.14)$$

$$Q_p = \frac{65,57 \cdot 10^{-4}}{17} = 3,857 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_p = 23,142 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$$

Kde:  $Q_p$  – potřebný průtok [ $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ];

$t$  – zvolený pracovní čas pro vysunutí [s];

### 5.3.2 VÝPOČET POTŘEBNÉHO GEOMETRICKÉHO OBJEMU

Výrobci používají při značení hydrogenerátorů tzv. geometrický objem, což je objem na jednu otáčku. Z toho důvodu je nutné vypočítat teoreticky potřebný geometrický objem. Na základě přehledu s dostupnými hydrogenerátory byly zvoleny otáčky  $n = 1450 \text{ min}^{-1}$ . [15,29,34]

$$V_{PG} = \frac{Q_P}{n} \quad (5.15)$$

$$V_{PG} = \frac{3,857 \cdot 10^{-4} \cdot 60}{1450} = 15,96 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

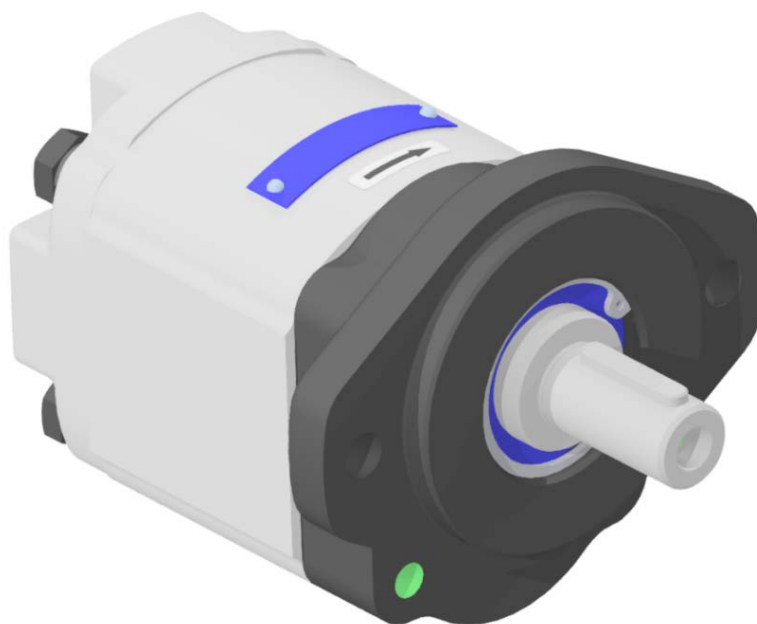
$$V_{PG} = 15,96 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 15,96 \text{ cm}^3$$

Kde:  $V_{PG}$  – potřebný geometrický objem hydrogenerátoru [ $\text{cm}^3$ ];

$n$  – otáčky hydrogenerátoru [ $\text{min}^{-1}$ ]; [35]

### 5.3.3 VOLBA HYDROGENERÁTORU

Dle vypočtených hodnot, byl zvolen hydrogenerátor od firmy Jihostroj. Jedná se o zubové čerpadlo řady T3 s vnějším ozubením. Tento typ je díky svojí jednoduchosti konstrukce a kompaktními rozměry vhodnou volbou. Na základě vypočítaného potřebného geometrického objemu volím nejbližší hodnotu  $16,10 \text{ cm}^3$ , dle katalogu [35]. Pro přenos krouticího momentu bylo zvoleno provedení hřídele s těsným perem. Upevnění hydrogenerátoru k rámu je pomocí dvou šroubů M10.



Obr. 18: Hydrogenerátor T3-16 od firmy Jihostroj

### 5.3.4 SKUTEČNÝ PRŮTOK HYDROGENERÁTORU

$$Q_G = V_G \cdot n \quad (5.16)$$

$$Q_G = 16,10 \cdot 10^{-3} \cdot 1450 \cdot 60^{-1} = 3,891 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_G = 23,345 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$$

Kde:  $Q_G$  – skutečný průtok od čerpadla [ $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ ];

$V_G$  – geometrický objem čerpadla [ $\text{cm}^3$ ]; [35]



## 5.4 NÁVRH A VOLBA POHONU

Při volbě hydrogenerátoru je důležité současně zvolit i pohon stroje. Pro zvolenou konstrukci v úvahu přichází spalovací motor nebo elektromotor. Výhodou elektromotoru oproti spalovacímu motoru je nižší cena a menší hlučnost. Nevýhodou použití elektromotoru je omezená dostupnost, kvůli nutnosti připojení k elektrické síti. Vzhledem k plánovanému používání v okolí domova a tím i k elektrické síti, byl volen elektromotor. Elektromotor byl zvolen na základě potřebných otáček hydrogenerátoru a potřebného výkonu stroje. [12,36]

### 5.4.1 VÝPOČET POTŘEBNÉHO VÝKONU

$$P_T = Q_G \cdot p_{red} \quad (5.17)$$

$$P_T = 3,891 \cdot 10^{-4} \cdot 16,8 \cdot 10^6 = 6536,9 \text{ W}$$

$$P_T = 6,5 \text{ kW}$$

Kde:  $P_T$  – teoretický potřebný výkon [W];

### 5.4.2 VOLBA ELEKTROMOTORU

Elektromotor byl zvolen z katalogu od firmy Siemens. Jedná se o třífázový asynchronní motor s kotvou na krátko. Je to motor řady 1LE1 s vlastní chlazením. Účinnost elektromotoru v zátěži 4/4 je  $\eta_E = 0,88$  [34]. Dalším důležitým parametrem pro kontrolu volby elektromotoru je mechanická a objemová účinnost hydrogenerátoru. Hodnota mechanické účinnosti je  $\eta_m = 0,85$  [36] a objemové  $\eta_V = 0,96$  [36]. Pro přenos krouticího momentu bylo zvolené provedení hřídele s těsným perem jako u hydrogenerátoru. [36]

### KONTROLA ELEKTROMOTORU

$$P_S = \frac{Q_G \cdot p_{red}}{\eta_E \cdot \eta_m \cdot \eta_V} \quad (5.18)$$

$$P_S = \frac{3,891 \cdot 10^{-4} \cdot 16,8 \cdot 10^6}{0,89 \cdot 0,85 \cdot 0,98} = 8817,3 \text{ W}$$

$$P_S = 8,8 \text{ kW}$$

Kde:  $P_S$  – skutečný potřebný výkon [W];

$\eta_E$  – účinnost elektromotoru [–]; [36]

$\eta_m$  – mechanická účinnost hydrogenerátoru [–]; [36]

$\eta_V$  – objemová účinnost hydrogenerátoru [–]; [36]

### PŘETÍŽENÍ ELEKTROMOTORU

$$\Delta P = P_S - P \quad (5.19)$$

$$\Delta P = 8,8 - 7,5 = 1,3 \text{ kW}$$

$$\Delta P = 1,3 \text{ kW}$$

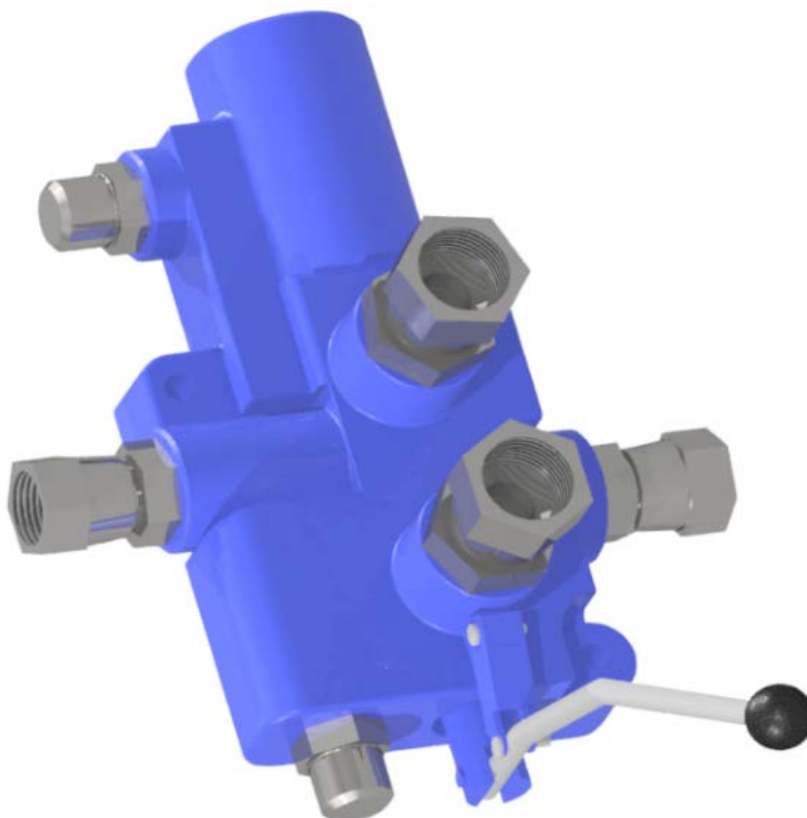
Kde:  $\Delta P$  – celkové přetížení elektromotoru [W];

$P$  – nominální výkon elektromotoru [W]; [36]

Z uvedené hodnoty pro celkové přetížení elektromotoru, bylo zjištěno, že zvolený elektromotor je přetížen o 1,3 kW. Obecně je známo, že asynchronní elektromotory s kotvou na krátko, lze krátkodobě přetížít, do tzv. momentu zvratu bez poškození. Důležitý je zde pojem krátkodobě, kdy štípačka je přesně ten typ zařízení, ke kterému dochází ke zvýšení zátěže krátkodobě. Toto řešení není optimální, ale v praxi se běžně využívá. [15,37]

## 5.5 VOLBA ROZVADĚČE PRO ŠTÍPÁNÍ DŘEVA

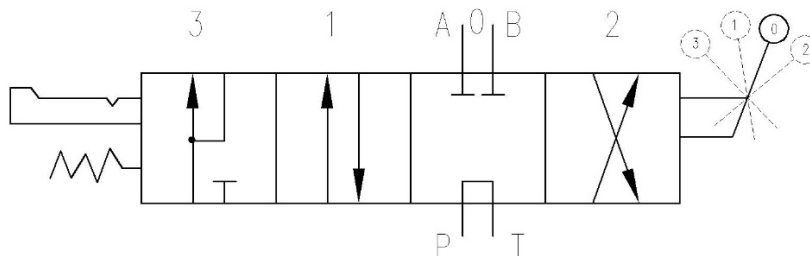
Řízení hydromotoru probíhá za pomoci použití rozvaděče. Pro co nejefektivnější práci navrhovaného štípacího stroje zvolím vhodný dvojčinný jedno-sekční rozvaděč se dvěma rychlostmi při vysouvání válce hydromotoru. Jedná se o typ P81-RS od firmy Badestnost. Je to 4/4 rozvaděč s možností vysokorychlostního režimu při chodu na prázdno. Jde o tzv. diferenciální zapojení. Vysokorychlostního režimu se využívá při chodu na prázdno nebo při menší síle potřebné pro rozštípnutí polena. Dosažení vyšší rychlosti získáme za cenu menší síly. Pokud je potřeba vyšší síly, přepneme do vedlejší polohy a tím získáme plnou sílu. Další výhodou je konstrukce aretace ovládací páky v poloze při zpětném pohybu hydraulického válce. Díky tomuto řešení se uspoří čas při zasouvání válce hydromotoru. Konstrukce rozvaděče je dimenzována pro použití do  $80 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . [38]



*Obr. 19: Hydraulický rozvaděč P81-RS od firmy Badestnost*

### 5.5.1 OVLÁDÁNÍ HYDRAULICKÉHO ROZVADĚČE

Při použití diferenciálního rozvaděče je důležité znát jeho funkci v daných polohách.



Obr. 20: Schéma diferenciálního rozvaděče P81-RS [38]

#### NEUTRÁLNÍ POLOHA

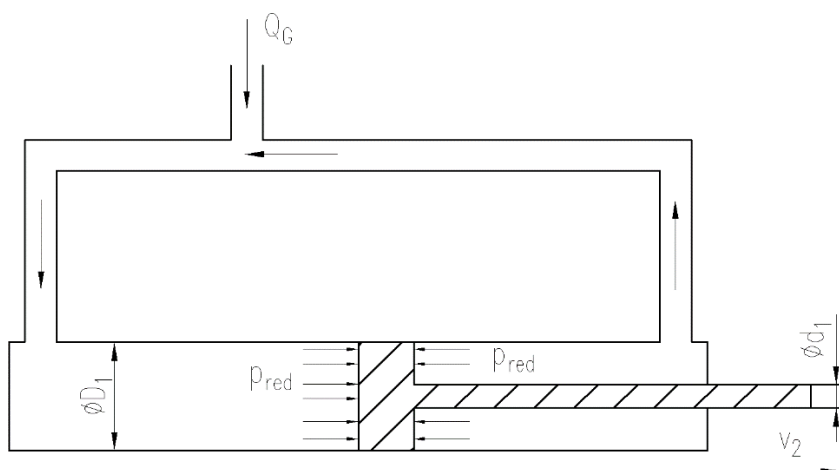
V poloze 0, dle (Obr. 20) je neutrální poloha, kdy dochází k protékání kapaliny, ze vstupu P na výstup T zpátky do nádrže. [14,38]

#### ZPĚTNÁ POLOHA

V poloze 2, dle (Obr. 20) dochází k zasunutí válce hydromotoru do výchozí polohy. Při poloze pro návrat do výchozí polohy se ovládací páka zaaretuje až do okamžiku, kdy píst hydromotoru dosáhne koncové polohy. V tomto okamžiku ovládací páka automaticky přepne do neutrální polohy, vlivem nárůstu tlaku. [14,38]

#### DIFERENCIÁLNÍ POLOHA PŘI VYSOUVÁNÍ

Při chodu na prázdko (než klín dojde z výchozí polohy k polenu) nebo v případě, kdy chceme rozštípnout dřevo větší rychlostí na úkor menší štípací síly, můžeme rozvaděč přepnout do polohy 3, dle (Obr. 20). V tento moment se uzavře výstupní větev hydromotoru směřující do nádrže. Přičemž dojde ke spojení výstupní větve hydrogenerátoru a výstupní větve hydromotoru, jak můžeme vidět na (Obr. 21). Vlivem takto propojeného obvodu, dojde k vyšší rychlosti vysouvání pístu. Výsuvná síla nezávisí na průřezu válce, ale na průřezu pístní tyče. [14,38]



Obr. 21: Zjednodušený princip funkce diferenciálního rozvaděče [38]

**KLASICKÁ VÝSUVNÁ POLOHA**

Pokud potřebujeme vyvinout sílu  $F_{max}$  s klasickou rychlostí, přepneme ovládací páčku do polohy 1 dle (Obr. 20). [14,38]

**5.5.2 VÝPOČET RYCHLOSTI PÍSTU HYDROMOTORU**

Při řízení hydraulického válce pomocí diferenciálního zapojení je rychlost v klasické poloze  $v_1$  a poloze vysokorychlostní  $v_2$ . Poměr těchto dvou rychlostí odpovídá poměru kvadrátů průměrů  $D_1$ ,  $d_1$ . Hodnota  $v_3$  je rychlost zasouvání ve zpětné poloze. [14,38]

Vycházíme ze vztahu:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\frac{Q_G}{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4}}}{\frac{Q_G}{\frac{\pi \cdot D_1^2}{4}}} = \frac{D_1^2}{d_1^2} \quad (5.20)$$

V následující (Tab. 1) jsou uvedeny rychlosti, při ovládání hydromotoru pomocí diferenciálního rozvaděče.

Tab. 1: Rychlosti pístu hydromotoru pomocí diferenciálního zapojení

Poloha ovládací páky			$[cm \cdot s^{-1}]$
Vysouvání v klasické poloze	$\frac{4 \cdot Q_G}{\pi \cdot D_1^2}$	$\frac{4 \cdot 3,891 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,011^2}$	$v_1 = 4,1$
Vysouvání v diferenciální poloze	$\frac{4 \cdot Q_G}{\pi \cdot d_1^2}$	$\frac{4 \cdot 3,891 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,063^2}$	$v_2 = 12,5$
Zasouvání při zpětné poloze	$\frac{4 \cdot Q_G}{\pi \cdot (D_1^2 - d_1^2)}$	$\frac{4 \cdot 3,891 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot (0,011^2 - 0,063^2)}$	$v_3 = 6,1$

Kde:  $v_1$  – rychlost vysouvání pístu v klasické poloze  $[cm \cdot s^{-1}]$ ;

$v_2$  – rychlost vysouvání pístu v diferenciální poloze  $[cm \cdot s^{-1}]$ ;

$v_3$  – rychlost zasouvání pístu  $[cm \cdot s^{-1}]$ ;

**5.6 NÁVRH A VOLBA HYDROMOTORU URČENÉHO NA POLOHOVÁNÍ RÁMU**

Při návrhu hlavních prvků hydraulického obvodu bylo vycházeno z maximálních hodnot, které mohou nastat. Z toho to důvodu byly hodnoty hydromotoru určeného na polohování rámu zanedbatelné. Na základě rozměrů daných, podle konstrukce stroje (umístění hydromotoru), byl zvolen přímočarý dvojčinný hydromotor od výrobce Hydraulics s označením [30] ZH1–50/28–290 R.

### 5.6.1 VÝPOČET REDUKCE PRŮTOKU

Vzhledem k průtoku, který byl počítán pro hydromotor určený ke štípání, je z bezpečnostních důvodů důležitá redukce průtoku a tím také zvýšení doby pro vysunutí hydromotoru. Na základě obdobných zařízení, byla zvolena doba pro vysunutí z transportní polohy do polohy pracovní a naopak za 6 s. Pro výpočet redukovaného průtoku je zapotřebí znát obsah plochy a objem účinné plochy, jak pro vysouvání, tak i zasouvání. Výpočet byl proveden stejným způsobem jako u rovnic (5.2), (5.4), (5.6), (5.7) a (5.14). [29]

Pro parametry hydromotoru:

$$D_2 = 50 \text{ mm}$$

$$d_2 = 28 \text{ mm}$$

$$z_2 = 290 \text{ mm}$$

Kde:  $D_2$  – průměr polohovacího válce [mm]; [30]

$d_2$  – průměr polohovací pístní tyče [mm]; [30]

$z_2$  – maximální zdvih polohovacího hydromotoru [mm]; [30]

Tab. 2: Hodnoty hydromotoru určeného na polohování rámu

	Vysouvání hydromotoru	Zasouvání hydromotoru
Volený čas pro polohování [s]	$t_p = 6$	
Obsah plochy [mm <sup>2</sup> ]	$S_4 = 1,963 \cdot 10^3$	$S_5 = 1,348 \cdot 10^3$
Účinný objem [mm <sup>3</sup> ]	$V_{HMP} = 5,694 \cdot 10^5$	$V_{HMT} = 3,908 \cdot 10^5$
Redukovaný průtok [l · min <sup>-1</sup> ]	$Q_{vred} = 5,694$	$Q_{zred} = 3,908$

Kde:  $t_p$  – volený čas pro polohování [s];

$S_4$  – obsah plochy polohovacího hydromotoru [mm<sup>2</sup>];

$S_5$  – obsah plochy při zasouvání (bez pístní tyče) polohovacího hydromotoru [mm<sup>2</sup>];

$V_{HMP}$  – účinný objem polohovacího hydromotoru při vysouvání [mm<sup>3</sup>];

$V_{HMT}$  – účinný objem polohovacího hydromotoru při zasouvání [mm<sup>3</sup>];

$Q_{vred}$  – redukovaný průtok při vysouvání [l · min<sup>-1</sup>];

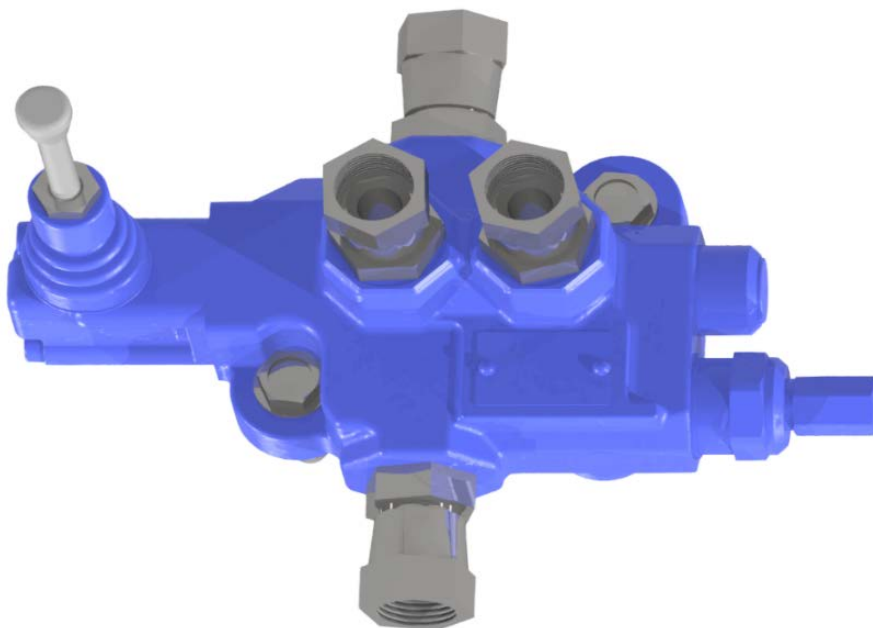
$Q_{zred}$  – redukovaný průtok při zasouvání [l · min<sup>-1</sup>];

## 5.7 VOLBA ŠKRTÍCÍHO VENTILU

Dle vypočtených hodnot pro redukovaný průtok hydromotoru určeného pro polohování rámu, byl zvolen jednocestný škrťací ventil od firmy Hydrocom. Jedná se o řadu VRF s obchodním označením V0540 pro maximální průtok  $20 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  [39]. Nastavení průtoků je podle (Tab. 2).

## 5.8 VOLBA ROZVADĚČE PRO POLOHOVÁNÍ RÁMU

Pro polohování štípacího rámu, byl zvolen jedno-sekční monoblokový rozvaděč s označením HDM 140. Jedná se o 4/3 rozvaděč, ovládaný pákou. Maximální možný průtok rozvaděče je  $40 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  při maximálním tlaku  $250 \text{ bar}$ . [40]



Obr. 22: Hydraulický rozvaděč HDM 140 od firmy BUCHER Hydraulics

## 5.9 NÁVRH A VOLBA VEDENÍ

Posledním prvkem hydraulického obvodu je samotné vedení kapaliny. Vhodná volba průměru vedení je důležitá pro správný chod hydraulického systému. Pro vysouvání s diferenciálním rozvaděčem, byl proveden výpočet průtoku v jeho pracovním okruhu proudění  $Q_D$ . Jedná se pouze o část mezi diferenciálním rozvaděčem a hydromotorem určeného ke štípání. Pro další výpočet průměru vedení je použit průtok od hydrogenerátoru  $Q_G$ . Rychlost proudění byla zvolena, podle literatury [41] na hodnotu  $v_p = 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

### 5.9.1 VÝPOČET PRŮTOKU V OKRUHU S DIFERENCIÁLNÍM ROZVADĚČEM

$$Q_D = S_1 \cdot v_2 \quad (5.21)$$

$$Q_D = 9,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,12 = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q_D = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = \text{l} \cdot \text{min}^{-1}$$

Kde:  $Q_D$  – průtok v okruhu s diferenciálním vysouváním [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ];

**5.9.2 VÝPOČET A VOLBA PRŮMĚRU S DIFERENCIÁLNÍM VEDENÍM**

$$d_d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_D}{v_v \cdot \pi}} \quad (5.22)$$

$$d_d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,14 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot \pi}} = 0,017 \text{ m}$$

$$d_d = 0,017 \text{ m} = 17 \text{ mm}$$

Kde:  $d_d$  – průměr diferenciálního vedení [mm];

$v_v$  – doporučená rychlost pro proudění kapalin s tlakem do 20 MPa [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]; [40]

Na základě vypočtených hodnot, byly zvoleny hydraulické hadice od firmy PARKER s označením 371LT, které jsou vhodné pro použití v mobilní technice. Světlost potrubí je zvolena 3/4" (19,1 mm), jako nejbližší vyšší hodnota dle katalogu. [42]

**5.9.3 VÝPOČET A VOLBA PRŮMĚRU VEDENÍ**

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_G}{v_v \cdot \pi}} \quad (5.23)$$

$$d_v = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,891 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot \pi}} = 9,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$d_v = 9,95 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 10 \text{ mm}$$

Kde:  $d_v$  – průměr výtlačného vedení [mm];

Pro zbytek vedení hydraulické kapaliny, byly zvoleny stejné hydraulické hadice od firmy PARKER, s označením 371LT o světlosti 1/2" (12,7 mm), jako nejbližší vyšší hodnota, dle katalogu. [42]

**5.10 NÁVRH A VOLBA NÁDRŽE**

Olejová nádrž neslouží pouze jako prostředek pro zajištění zásob hydraulické kapaliny. Využívá se mimo jiné také pro zklidnění kapaliny, slouží i jako prostředek pro usazování pevných částí a díky svému povrchu pomáhá odvádět přebytečné teplo. Velikost nádrže, tj užitečný objem  $V_N$  se u mobilní techniky s otevřeným hydraulickým obvodem volí dle literatury [29] ve výši 2 až 4 násobku průtoku zvoleného hydrogenerátoru. Objem nádrže byl zvolen 58,4 l.



*Obr. 23: Olejová nádrž*

#### 5.10.1 POMĚR OBJEMU NÁDRŽE

$$k_n = \frac{58,4}{23,35} = 2,5 \quad (5.24)$$

$$k_n = 2,5$$

Kde:  $k_n$  – poměr navržené nádrže [–]

Zvolený objem hydraulické nádrže je tedy vyhovující.

#### 5.11 HYDRAULICKÁ KAPALINA

Zvolený hydraulický obvod je naplněn olejem značky MOGUL. Přesněji se jedná o olej MOGUL HM 46, dle ISO 6743/4. Označení HM znamená, že je obsahuje složky přísad vhodné proti oděru a 46 je viskozita oleje při 40 °C. Tento typ kapaliny je určen pro vysokotlakové hydraulické mechanismy nebo mobilní hydrauliky. [43]



## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zpracování rešeršního rozboru, provedení konstrukčního návrhu a sestavení hydraulického obvodu vertikálního štípacího stroje na dřevo.

V úvodní části své bakalářské práce jsem se věnoval rešeršnímu rozboru štípacích strojů, kde jsem nejdříve popsal základní princip, na kterém fungují hydraulické štípací stroje. V další části své rešeršní práce jsem zaměřil na základní rozdělení štípaček. Vzhledem k obrovskému množství strojů, které se na trhu objevuje, jsem se rozhodl k rozdělení podle pracovní polohy a pohonu štípacího stroje. Štípací stroje mohou pracovat v poloze vertikální a horizontální. Pohon strojů může být vlastní nebo nevlastní. Vlastní pohon znamená, že při práci není nevyužíván žádný další stroj jako pohon. Opakem je nevlastní pohon, kdy při práci je nutné využít jiný stroj nebo zařízení jako zdroj pohonu, například traktor. V závěru rešeršní práce jsem se zaměřil na samotný proces štípání. Důležitou roli zde hraje geometrie klínu, který vniká do dřeva.

V další části své bakalářské práce jsem věnoval vlastnímu konstrukčnímu návrhu. Vzhledem k vysoké hodnotě štípací síly, bylo zapotřebí navrhnout dostatečně robustní konstrukci rámu. Rám stroje byl konstruován jako svarek ze dvou U profilů, k nimž byly přivařeny držáky a výztuhy. Nosný rám a i celé štípací zařízení bylo vymodelováno v prostřední Autodesk Inventor Profesional 2017. Nosný rám byl ve stejném programu analyticky zkontrolován pomocí metody konečných prvků (MKP). Dalším krokem bylo navržení štípacího nástroje. Mobilita stroje byla řešena pomocí vlastní pojezdové osy.

Další částí práce bylo navržení hydraulického obvodu. Pro zjednodušení práce bylo nakreslené zjednodušené hydraulické schéma. Toto schéma bylo zpracováno v programu Autodesk AutoCAD 2016. Na základě vstupních parametrů byl navržen a zkontrolován přímočarý štípací hydromotor. Při návrhu hydrogenerátoru byl zvolen orientační čas pro vysunutí hydromotoru. Z parametrů hydromotoru, orientačního času vysunutí a zvolených otáček byl navržen a vybrán vhodný hydrogenerátor. Současně s hydrogenerátorem byl zvolen i pohon stroje. Vzhledem k lokaci použití štípacího stroje byl vybrán elektromotor. Pro ovládání štípacího hydromotoru byl zvolen hydraulický rozvaděč s možností dvou při rychlosti vysouvání. Z důvodu ulehčení práce při manipulaci s nosným rámem, bylo nutné navrhnout přímočarý polohovací hydromotor a rozvaděč. Po zvolení vhodných komponentů byla vypočítána minimální světlost hadic pro vedení hydraulické kapaliny. Při návrhu hydraulické nádrže bylo nutné brát v potaz, že se jedná o otevřený hydraulický obvod. Proto byl objem olejové nádrže volen jako dva a půl násobek průtoku zvoleného hydrogenerátoru. V závěru své bakalářské práce, byla vybrána vhodná hydraulická kapalina značky MOGUL.

Součástí bakalářské práce je zpracování výkresové dokumentace vybraných součástí dle zadání vedoucího práce.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Hydraulické štípače dřeva. Ostracký, Speciální zemědělská technika s tradicí [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.ostraticky.cz/produkty/94/stipace-dreva/>
- [2] How Hydraulic Machines Work. How stuff works science [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/hydraulic2.htm>
- [3] Štípačky na dřevo. Štípačky na dřevo - Štípače dříví [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://stipacka-dreva.webnode.cz>
- [4] Horizontální štípače. Green Mech, Technika ve službách přírody [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.greenmech.cz/horizontalni-stipace/>
- [5] SpaltFix K-540. POSCH [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://www.posch.com/cs/vyroby/rezani-a-stipani/spaltfix-k-540/>
- [6] Štípací poloautomaty. Agama [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.agama-as.cz/Stipaci-poloautomaty>
- [7] Horizontální nebo vertikální štípačka na dřevo? Poradíme která je pro vás vhodnější. Zahrady a domy [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://zahradyadomy.cz/horizontalni-nebo-vertikalni-stipacka-na-drevo-poradime-ktera-je-pro-vas-vhodnejsi/>
- [8] Vodorovná štípačka 550. Dřevo-produkt Znojmo [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.drevoprodukt.cz/index.php?p=28>
- [9] Holzspalter. Scheppach [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://www.scheppach.com/Produkte/Holzspalter.aspx>
- [10] Nevíte, jakou štípačku na dřevo vybrat? Rozhodující je poloha, pohon a síla. Abecedazahrady [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <https://abecedazahrady.dama.cz/clanek/nevite-jakou-stipacku-na-drevo-vybrat-rozhodujici-je-poloha-pohon-a-sila>
- [11] ŠTÍPAČE PŘÍVĚSNÉ ZA AUTOMOBIL. Green Mech, Technika ve službách přírody [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.greenmech.cz/stipace-privesne-za-automobil/>
- [12] Product catalogue 2016. AMR PUSISSANCE AND PERFORMANCES [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: [http://www.a-m-r.fr/assets/files/catalogue/Catalogue\\_EN\\_DEF\\_03-16.compressed.pdf](http://www.a-m-r.fr/assets/files/catalogue/Catalogue_EN_DEF_03-16.compressed.pdf)
- [13] Produkte. LUMAG [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.lumag-maschinen.de/produkte-2/>
- [14] POSPÍŠIL, Jakub. Hydraulická štípačka dřeva - koncepční řešení. Brno, 2014. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. Mendělova univerzita v Brně. Vedoucí práce Doc. RNDr. Stanislav Bartoň, CSc.

- [15] Hydraulické štípačky a lisy. Hydraulika.tode [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://hydraulika.tode.cz/jaknato/stipacky-a-lisy/>
- [16] Cataloghi. BALFOR [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: [http://www.balfor.it/cataloghi/balfor\\_ENG.pdf](http://www.balfor.it/cataloghi/balfor_ENG.pdf)
- [17] MĚSTECKÝ, Michal. Štípačka na dřevo se štípacím kuželem. Praha, 2016. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Ing. Pavel Malý.
- [18] Forestry machinery. Alibaba, Global trade starts here [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: [https://www.alibaba.com/product-detail/newest-screw-log-splitter-for-sale\\_1558170193.html](https://www.alibaba.com/product-detail/newest-screw-log-splitter-for-sale_1558170193.html)
- [19] SYSEL, Jan. ZHODNOCENÍ TECHNIKY PRO VÝROBU ŠTÍPANÉHO PALIVOVÉHO DŘÍVÍ. Brno, 2013. BAKALÁŘSKÁ PRÁCE. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Prof. Ing. J. Neroda, Csc.
- [20] TECHNIKA PRO ARBORISTY [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Skripta\\_TTAR.pdf](https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Skripta_TTAR.pdf)
- [21] Profesionální rozšiřovací klín HL. Namir [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.namir.cz/profesionalni-rozsirovaci-klin-k-hl-1200e-10993.html>
- [22] Štípací klíny. Agama [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.agama-as.cz/stipaci-kliny-pro-rca-380>
- [23] SVOBODA, Pavel, BRANDEJS, Jan a DVOŘÁČEK, Jiří. Základy konstruování. Vyd. 6. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2016, 230 s. ISBN 978-80- 7204-921-9. (CS)
- [24] Specifikace výrovku. FERONA, E-ŽELEZNÁ KNÍHA [online]. 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=34551>
- [25] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. Praha: Scientia, 1996. ISBN 80-7183-008-9.
- [26] 3D CAD SOFTWARE. AUTODESK [online]. 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview>
- [27] ZÁPOTOČNÝ, Václav. Závěsný štípací stroj na dřevo. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 60 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D. As
- [28] Přívěsné vozíky. Maro Kralovice s.r.o. [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.maro-kralovice.cz/cs/katalog-produktu/privesy/jednoose-nebrzdene/celoplechove-privesy/modelova-rada-mr/privesy-s-nizkym-laminatovym-vikem/>
- [29] ŠKOPÁN, M.: Hydraulické pohony strojů, elektronická skripta VUT v Brně 2009

- [30] Výroba katalogových hydromotorů - ZH1. Hydraulics [online]. 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.hydraulics.cz/cz/vyroba/vyroba-katalogovych-hydromotoru/zh1>
- [31] Přímé řízené přepouštěcí ventily. ARGO-HYTOS [online]. 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://www.argo-hytos.com/fileadmin/user\\_upload/products/valves/downloads/Katalog\\_VPP2-04\\_hc5093\\_CZ.pdf](http://www.argo-hytos.com/fileadmin/user_upload/products/valves/downloads/Katalog_VPP2-04_hc5093_CZ.pdf)
- [32] ÚSTAV DOPRAVNÍ TECHNIKY. Dopravní a manipulační zařízení: vzpěr. FSI VUT v Brně, 2002.
- [33] Technická agenda. Hydraulics [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: [http://www.hydraulics.cz/technicka\\_agenda\\_str96-102.pdf](http://www.hydraulics.cz/technicka_agenda_str96-102.pdf)
- [34] Komponenty. Hydraulika.Tode [online]. 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://hydraulika.tode.cz/komponenty/>
- [35] ZUBOVÁ ČERPADLA. Jihostroj [online]. 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://www.jihostroj.com/files/jihostroj/uploads/files/katalogy\\_2015\\_2/cz/T3-Katalog%20zubovych%20uerpadel\\_v3.8\\_NZ.pdf](http://www.jihostroj.com/files/jihostroj/uploads/files/katalogy_2015_2/cz/T3-Katalog%20zubovych%20uerpadel_v3.8_NZ.pdf)
- [36] Nízkonapěťové trojfázové asynchronní motory nakrátko. SIEMENS [online]. 2017 [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data\\_files/katalogy/d81\\_1/cat\\_d-81-1\\_2013\\_cz.pdf](http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/katalogy/d81_1/cat_d-81-1_2013_cz.pdf)
- [37] HENZL, L. Štípací stroj na dřevo. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 95 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.
- [38] MONOBLOCK DIRECTIONAL CONTROL VALVES. Badestnost [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://hydraulic-vlv.com/?cid=6&pCat\\_id=4&product\\_id=43](http://hydraulic-vlv.com/?cid=6&pCat_id=4&product_id=43)
- [39] Jednocestné škrťací ventily. HYDROCOM [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://www.hydrocom.cz/images/Sortiment/Ventily\\_do\\_potrubí/Skrťací\\_ventily/Dvoucestne\\_skrťací\\_ventily\\_VRB/VRF.pdf](http://www.hydrocom.cz/images/Sortiment/Ventily_do_potrubí/Skrťací_ventily/Dvoucestne_skrťací_ventily_VRB/VRF.pdf)
- [40] MONOBLOKOVÉ ROZVADĚČE BUCHER. HYDROCOM [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://www.hydrocom.cz/images/Sortiment/Rozvadece/Mobilni\\_rozvadece/HDM140/HDM140.pdf](http://www.hydrocom.cz/images/Sortiment/Rozvadece/Mobilni_rozvadece/HDM140/HDM140.pdf)
- [41] Základní zásady pro používání hadic. AMP HYDRAULIKA [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.amp-hydraulika.cz/help.html>
- [42] Vysokotlaké hadice a koncovky. PARKER [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: [http://www.parker.com/literature/Literature%20Files/cz/images/download/4400/Catalog/4400\\_Da\\_Db.pdf](http://www.parker.com/literature/Literature%20Files/cz/images/download/4400/Catalog/4400_Da_Db.pdf)
- [43] MOGUL HM. PARKER [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <http://www.moguloil.fi/mogul-hm68-technicalinfo.pdf>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$D_1$	[m]	zvolený průměr válce štípacího hydromotoru
$d_1$	[mm]	průměr pístní tyče štípacího
$D_2$	[mm]	průměr válce
$d_2$	[mm]	průměr pístní tyče
$d_{\check{c}}$	[mm]	průměr čepu
$d_d$	[mm]	průměr diferenciálního vedení
$D_{min}$	[mm]	minimální průměr válce
$d_v$	[mm]	průměr výtlačného vedení
$F_{max}$	[N]	maximální síla vyvinutá
$F_z$	[N]	síla při zasouvání hydromotoru
$i$	[mm]	poloměr kvadratického momentu
$I_x$	[mm <sup>4</sup> ]	kvadratický moment pístní tyče
$k_n$	[–]	poměr navržené nádrže
$k_r$	[–]	bezpečnost, vzhledem k meznímu stavu pružnosti
$l_r$	[mm]	redukováná délka prutu
$n$	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky hydrogenerátoru
$P$	[W]	nominální výkon elektromotoru
$p_{DO}$	[MPa]	dovolení napětí na otláčení
$p_{max}$	[MPa]	maximální pracovní tlak
$p_o$	[MPa]	působící tlak na otláčení
$p_{red}$	[MPa]	redukový tlak pro zadanou sílu $F_{max}$
$P_S$	[W]	skutečný potřebný výkon
$P_T$	[W]	teoretický potřebný výkon
$Q_D$	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	průtok v okruhu s diferenciálním vysouváním
$Q_G$	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	skutečný průtok od čerpadla
$Q_P$	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	potřebný průtok
$Q_{vred}$	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	redukový průtok při vysouvání
$Q_{zred}$	[m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	redukový průtok při vysouvání
$s$	[mm]	zvolená délka prutu, dle způsobu uložení
$S_1$	[mm <sup>2</sup> ]	obsah plochy válce štípacího hydromotoru
$S_2$	[mm <sup>2</sup> ]	obsah plochy při zasouvání (bez pístní tyče) štípacího hydromotoru
$S_3$	[mm <sup>2</sup> ]	obsah plochy pístní tyče štípacího

$S_4$	[mm <sup>2</sup> ]	obsah plochy polohovacího hydromotoru
$S_5$	[mm <sup>2</sup> ]	obsah plochy při zasouvání (bez pístní tyče) polohovacího hydromotoru
$t$	[s]	zvolený pracovní čas pro vysunutí
$t_{\tilde{c}}$	[mm]	tloušťka spojovaných částí
$t_p$	[s]	volený čas na polohování
$v_1$	[cm·s <sup>-1</sup> ]	rychlost vysouvání pístu v klasické poloze
$v_2$	[cm·s <sup>-1</sup> ]	rychlost vysouvání pístu v diferenciální poloze
$v_3$	[cm·s <sup>-1</sup> ]	rychlost zasouvání pístu
$V_G$	[cm <sup>3</sup> ]	geometrický objem čerpadla
$V_{HMP}$	[mm <sup>3</sup> ]	účinný objem polohovacího hydromotoru při vysouvání
$V_{HMT}$	[mm <sup>3</sup> ]	účinný objem polohovacího hydromotoru při zasouvání
$V_{HMV}$	[m <sup>3</sup> ]	účinný objem štípacího hydromotoru při vysouvání
$V_{HMZ}$	[m <sup>3</sup> ]	účinný objem štípacího hydromotoru při zasouvání
$V_N$	[mm <sup>3</sup> ]	objem nádrže
$V_{PG}$	[cm <sup>3</sup> ]	potřebný geometrický objem hydrogenerátoru
$v_v$	[m·s <sup>-1</sup> ]	doporučená rychlost pro proudění kapalin s tlakem do 20 MPa
$z_1$	[mm]	maximální zdvih štípacího hydromotoru
$z_2$	[mm]	maximální zdvih
$\eta_E$	[-]	účinnost elektromotoru
$\eta_m$	[-]	mechanická účinnost hydrogenerátoru
$\eta_V$	[-]	objemová účinnost hydrogenerátoru
$\lambda$	[mm]	šťíhlost prutu
$\sigma_D$	[mm]	napětí v tlaku
$\sigma_k$	[MPa]	mez kluzu pro materiál S 355J2G3 (dle ČSN 11 523)
$\sigma_{max}$	[MPa]	maximální vzniklá hodnota, dle simulace MKP
$\tau_{DS}$	[mm]	dovolené napětí ve střihu
$\tau_S$	[mm]	napětí ve střihu

## SEZNAM PŘÍLOH

- P1 Sestavený výkres a seznam položek (kusovník) štípacího stroje
- 1 list formátu A0
  - 5 listů formátu A4
- P2 Sestavný výkres a seznam položek (kusovník) štípacího rámu
- 1 list formátu A1
  - 3 listů formátu A4
- P3 Sestavný výkres a seznam položek (kusovník) svarku rámu
- 1 list formátu A1
  - 1 listů formátu A4
- P4 Sestavný výkres a seznam položek (kusovník) svarku štípacího klínu
- 1 list formátu A2
  - 1 listů formátu A4